

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI



FAKULTA STROJNÍ

KATEDRA MATERIÁLŮ

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 3911R018 Materiály a technologie  
Zaměření: Materiálové inženýrství

### **Značení ocelí a mezinárodní ekvivalenty** **Designation of steel and international equivalents**

**KMT – B – 163**

**Petr Schneider**

Vedoucí práce: Doc. Ing. Břetislav Skrbek, CSc.  
Konzultant : Ing. Rudolf Zíka – PBS Industry, a.s. Třebíč

Počet stran: 83  
Počet tabulek: 32  
Počet obrázků: 9  
Počet příloh: 21

Datum odevzdání: 28.05. 2010



## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Jméno a příjmení	<b>Petr S C H N E I D E R</b>
studijní program	<b>2341 B Strojírenství</b>
obor	<b>Materiály a technologie</b>
zaměření	<b>Materiálové inženýrství</b>

Ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách se Vám určuje bakalářská práce na téma:

### **Značení ocelí a mezinárodní ekvivalenty**

#### **Zásady pro vypracování:**

(uveďte hlavní cíle bakalářské práce a doporučené metody pro vypracování)

1. Seznamte se s principy stavby norem ČSN , norem EN a vybraných národních norem DIN, ASME kovových materiálů.
2. Pro vybranou skupinu výrobků ( plechy ,trubky ) najděte a sestavte ekvivalenty norem k ČSN.
3. Experimentálně ověřte shodu mechanických vlastností vybraných dvojic materiálů a doložte i metalografií.
4. Druhy nedestruktivních a destruktivních zkoušek, které jsou prováděné na polotovarech (plechy, trubky) určených pro výrobu energetických zařízení.
5. Vyhodnoťte získané poznatky a doporučte další postupy při vyhledávání ekvivalentů materiálů norem ČSN a zahraničních, či mezinárodních .

---

## **ANOTACE**

Cílem této práce je seznámení se systémy značení ocelí nejpoužívanějších národních a sjednocující EN normy. Řešena je problematika určování ekvivalentů a variant při převodu mezi jednotlivými normami. Dalším bodem je souhrn potřebných destruktivních a nedestruktivních zkoušek určených při objednávce polotovarů i při výrobě energetických zařízení. Praktická část se snaží o experimentální ověření mechanických vlastností vybraných dvojic ekvivalentů včetně metalografie. Vše je koncipováno na výrobní sortiment firmy PBS Industry a.s. Třebíč.

## **ABSTRACT**

The goal of this work is to introduce the designation system of steel which is locally most widely used and the unifying EN standards. It deals with questions of determination of equivalents and alternates upon conversion between individual standards. Another issue is a summary of necessary destructive and non-destructive test requested upon ordering the goods or during manufacturing of power generating equipment. Practical part describes experimental verification of mechanical characteristics of selected pairs of equivalents including metallography. All this is conceived to product line of PBS INDUSTRY, a.s. in Třebíč.

---

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Systemy značení ocelí

Určování ekvivalentů a variant

Destruktivní a nedestruktivní zkoušky

## **KEY WORDS**

Steel designation system

Determination of equivalents and alternates

Destructive and non-destructive tests



---

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum: 28.05.2010

Podpis .....

---

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval Doc. Ing. Břetislavu Skrbkovi, CSc. za odborné vedení této práce, jeho cenné připomínky a rady při jejím zpracování.

Můj dík patří také Doc. Ing. Františku Stuchlíkovi, CSc. za vstřícnost a podporu při řešení dílčích problémů spojených s bakalářskou prací.

Musím poděkovat také pracovníkům firmy PBS Industry a.s. Třebíč, jmenovitě zejména Ing. Rudolfu Zíkovi za čas věnovaný konzultacím a za důležité připomínky.

Děkuji mé rodině za trpělivost a neustálou podporu během studia. Bez nich bych studium vysoké školy při zaměstnání nikdy nezvládl.

Petr Schneider

---

# OBSAH BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

	<b>OBSAH BAKALÁŘSKÉ PRÁCE</b>	<b>7</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ</b>	<b>9</b>
<b>1.</b>	<b>ÚVOD</b>	<b>10</b>
1.1	Formulace cíle	11
<b>2.</b>	<b>ČÍSELNÉ OZNAČOVÁNÍ A ROZDĚLENÍ OCELÍ KE TVÁŘENÍ DLE ČSN</b>	<b>12</b>
<b>3.</b>	<b>STRUKTURA ZNAČENÍ OCELÍ DLE EN</b>	<b>17</b>
3.1	Předmět normy	17
3.2	Všeobecné zásady a rozdělení značek ocelí	17
3.3	Tabulka přídatných symbolů pro ocelové výrobky	24
<b>4.</b>	<b>ČÍSELNÉ ZNAČENÍ OCELÍ – WERKSTOFFNUMMER</b>	<b>27</b>
<b>5.</b>	<b>STRUKTURA ZNAČEK OCELÍ DLE DIN</b>	<b>30</b>
5.1	Označování ocelí nelegovaných neušlechtilých	30
5.2	Označování nelegovaných jakostních ocelí	31
5.3	Označování nelegovaných ušlechtilých ocelí	31
5.4	Označování nízkolegovaných ušlechtilých ocelí	32
5.5	Označování ocelí vysokolegovaných	32
5.6	Zvláštní označování ocelí	33
<b>6.</b>	<b>AMERICKÉ SYSTÉMY ZNAČENÍ OCELÍ</b>	<b>34</b>
6.1	Úvod	34
6.2	Konstrukční oceli	34
6.2.1	Konstrukční oceli dle AISI-SEA	34
6.2.2	Konstrukční oceli UNS	36
6.3	Korozivzdorné a žárovzdorné oceli	37
6.4	Oceli na valivá ložiska	37
<b>7.</b>	<b>EKVIVALENTY NOREM K ČSN</b>	<b>38</b>
7.1	Úvod do problematiky ekvivalentů	38
7.2	Vlastnosti ekvivalentů	38
7.3	Postup vyhledávání ekvivalentních ocelí	39
7.4	Alternativní způsob vyhledávání - varianty	41

---

7.5	Technické dodací podmínky pro materiály	41
7.6	Příklady porovnání norem pro ocel a výrobky ČSN – EN	43
7.7	Údaje pro konstrukční dokumentaci a objednávání	45
<b>8.</b>	<b>ZKOUŠKY PROVÁDĚNÉ PŘI VÝROBĚ ENERGETICKÝCH ZAŘÍZENÍ</b>	<b>47</b>
8.1	Nedestruktivní zkoušky	47
8.2	Destruktivní zkoušky	49
<b>9.</b>	<b>OVĚŘENÍ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ VYBRANÝCH DVOJIC MATERIÁLŮ VČETNĚ METALOGRAFIE</b>	<b>51</b>
9.1	Zajištění dvojic	51
9.2	Výběr dvojic	51
9.3	Praktické provedení tahové zkoušky	52
9.4	Metalografie – praktické provedení	54
9.5	Vyhodnocení	55
<b>10.</b>	<b>DISKUZE VÝSLEDKŮ</b>	<b>56</b>
<b>11.</b>	<b>ZÁVĚR</b>	<b>58</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b>	<b>60</b>
	<b>PŘÍLOHY</b>	<b>61</b>

---

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Značka	Název	Jednotka
ČSN	Česká technická norma	-
EN	Evropská norma	-
DIN	Deutsche Industrie Norm	-
AISI	American Iron and Steel Institute	-
SAE	Society of Automotive Engineers	-
ASTM	American Society of Mechanical Engineers	-
UNS	Unified Numbering System	-
GOST	Ruská technická norma	-
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci	-
CEN	Evropský výbor pro normalizaci	-
WNr.	Werkstoffnummer - číslo materiálu	-
TDP	Technicko-dodací podmínky	-
RN	Rozměrová norma	-
PL	Plech	-
LP	Legující prvky	-
SAP	Systems - Applications - Products in data processing	-
R <sub>eH</sub>	Horní mez kluzu	[MPa]
R <sub>eL</sub>	Dolní mez kluzu	[MPa]
R <sub>e</sub>	Mez kluzu	[MPa]
R <sub>m</sub>	Mez pevnosti	[MPa]
R <sub>p0,2</sub>	Smluvní mez kluzu	[MPa]
F	Síla	[N]
A	Tažnost	[%]
Z	Zúžení - kontrakce	[%]
L	Délka	[mm]
s	Plošný průřez	[mm <sup>-2</sup> ]
G	Střední počet zrn na ploše	[mm <sup>-2</sup> ]
dtto	Rovněž, stejně, o řádek výše	-

---

## 1. ÚVOD

Ve světě bylo vyvinuto v posledních několika desetiletích velké množství technických materiálů. Tento rozvoj se nevyhnul ani ocelím. Vznikly materiály s lepšími vlastnostmi, ať již *fyzikálními*, *chemickými*, *mechanickými* či *technologickými*. Hranice technických možností se značně posunuly. To umožnilo například při zachování mechanických hodnot snížit hmotnost určitého výrobku. Tak jak se vyvíjely nové druhy ocelí, přibývalo také jejich značek. Většina průmyslových zemí ve světě vytvořila své vlastní normy značení ocelí.

Dějiny a celková globalizace světa zasáhly také do oblasti hutní a strojírenské výroby. Mezinárodní obchod umožnil vývoz, ale také i dovoz výrobků a zařízení po celém světě. S rostoucím množstvím materiálů v jednotlivých zemích vzrůstala i určitá nepřehlednost v ocelích. Vystala potřeba tyto různé národní systémy značení ocelí mezi sebou porovnávat, hledat ekvivalenty.

V České republice jsou nejčastěji používané systémy značení ocelí dle **ČSN**, **DIN**, dále americké značení a nejnověji aktuální **EN** systém. Toto určení vychází z orientace na obchodní trhy.

Každý technický pracovník je nucen se orientovat v jednotlivých národních a nyní i ve společném evropském systému značení. Znalost stavby, význam jednotlivých písmen a čísel zkvalitní a zrychlí pracovní činnost. Konstruktor či technik má okamžitý přehled o tom, o jaký materiál se jedná, zná jeho vlastnosti a ví, jak s touto ocelí pracovat. Těchto zkušeností lze využít při objednávání materiálů – polotovárů pro výrobu. Dále je zde nutnost najít potřebné **ekvivalenty dle EN** vzhledem **k ostatním národním normám**. Tato potřeba vyplývá z poznatků, že mnoho jakostí dle národních norem např. ČSN se již přestává vyrábět. Vyrábí-li se, je zde požadavek ze strany dodavatele na odběr většího množství popř. celé tavby. Naprostá většina zahraničních zákazníků v rámci unie požaduje dodávku zařízení s materiály dle EN.

---

## 1.1 Formulace cíle

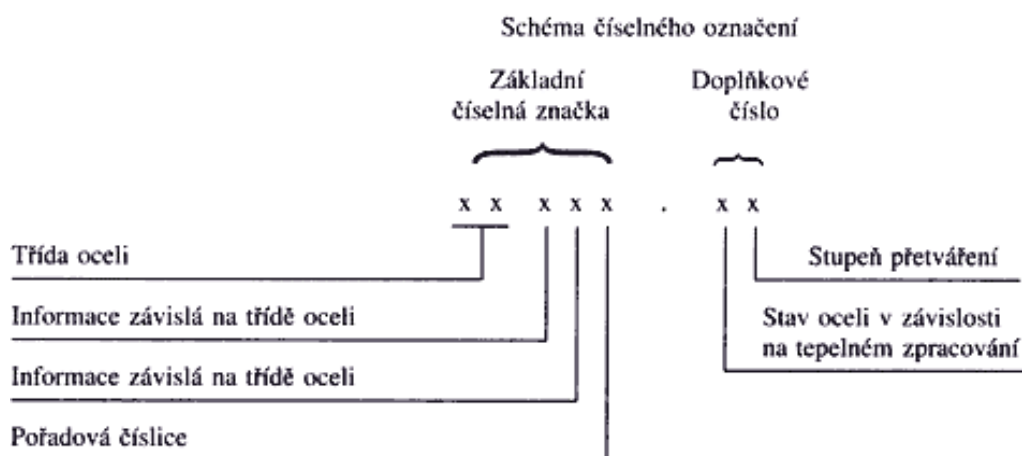
**Tato práce si klade za cíl:**

- seznámit s principy stavby jednotlivých norem,
- nalezení vhodných ekvivalentů - dvojic popř. skupin materiálů,
- určit druhy nedestruktivních a destruktivních zkoušek na materiálech,
- ověření shody mechanických vlastností, doložení metalografií,
- vyhodnocení získaných poznatků v návaznosti na další postup při vyhledávání ekvivalentů nebo variant ocelí.

---

## 2. ČÍSELNÉ OZNAČOVÁNÍ A ROZDĚLENÍ OCELÍ KE TVÁŘENÍ DLE ČSN (42 0002)

Oceli určené ke tváření se označují číselně a toto označení se skládá ze **základní číselné značky** a **doplňkového čísla** odděleného tečkou [1].



Obr 2.1 Schéma číselného označení

**Základní číselná značka** je **pětimístné číslo**, označující základní materiál.

**První číslice** v základní značce je **1** a označuje tvářenou ocel.

**Druhá číslice** ve spojení s první označuje třídu oceli (*tab. 2.2*).

**Třetí a čtvrtá číslice** mají různý význam podle třídy oceli (*tab. 2.3 a tab. 2.4*)

**Doplňkové číslo** má jednu nebo **dvě doplňkové číslice**, jejichž význam je v *tab.2.5*.

Podle **stupně legování**, daného součtem středních obsahů legovacích prvků, se oceli rozdělují takto:

- **nelegované** (uhlíkové) s tímto max. obsahem prvků (%): 0,9 Mn, 0,5 Si, 0,3 Cr, 0,5 Ni, 0,3 Cu, 0,2 W, 0,2 Co, ostatní, tj. Mo, V, Ti, Al, Nb, Zr a Pb jednotlivě 0,1,
- **legované** střední obsah kteréhokoliv z uvedených prvků vyšší než uvedené hodnoty.



Podle **středního** nebo **maximálního obsahu uhlíku** se nelegované oceli rozdělují dle *tab. 2.1* [2].

*Tab. 2.1 Rozdělení nelegovaných ocelí*

Ocel	Obsah C (%)
nízkouhlíková	do 0,25
středněuhlíková	do 0,25 do 0,60
vysokouhlíková	nad 0,60

*Tab. 2.2 Rozdělení ocelí do tříd - význam prvního dvojčíslí*

[1]

Třída oceli	Oceli podle		Charakteristika ocelí
	použití	stupně legování	
<b>10</b>	konstrukční	nelegované	předepsané hodnoty mechanických vlastností, chemické složení není předepsáno
<b>11</b>			předepsané hodnoty mechanických vlastností a obsah C, P, S popř. (P+S) i dalších prvků
<b>12</b>			předepsaný obsah C, Mn, Si, P popř. (P+S) i dalších prvků
<b>13</b>		nízkolegované	legovací prvky: Mn, Si, Mn - Si, Mn - V
<b>14</b>			legovací prvky: Cr, Cr - Al, Cr - Mn, Cr - Si, Cr - Mn - Si
<b>15</b>			legovací prvky: Mo, Mn - Mo, Cr - Mo, Cr - V, Cr - W, Mn - Cr - V, Cr - Mo - V, Cr - Si - Mo - V, Cr - Mo - V - W
<b>16</b>			legovací prvky: Ni, Cr - Ni, Ni - V, Cr - Ni - Mn, Cr - Ni - V, Cr - Ni - W, Cr - Ni - Mo, Cr - V - W, Cr - Mo - V - W
<b>17</b>		středně legované a vysokolegované	legovací prvky: Cr, Ni, Cr - Ni, Cr - Mo, Cr - V, Cr - Al, Cr - Ni - Mo, Cr - Ni - Ti, Cr - Mo - V, Mn - Cr - Ni, Mn - Cr - Ti, Mn - Cr - V, Cr - Ni - Mo - V, Cr - Ni - Mo - W, Cr - Ni - Mo - Ti, Cr - Ni - V - W, Cr - Ni - W - Ti atd.
<b>19</b>	nástrojové	nelegované	Předepsaný obsah C, Mn, Si, P, S
		legované (nízko, středně, vysoko)	legovací prvky: Cr, V, Cr - Ni, Cr - Mo, Cr - Si, Cr - V, Cr - W, Cr - Al, Cr - Ni - W, Cr - Si - V, Cr - Mo - V, Cr - V - W, Cr - Ni - Mo - V, Cr - V - W - Co, Cr - Ni - Mo - W, Cr - Ni - V - W atd.

---

## Význam třetí a čtvrté číslice v základní číselné značce ocelí [1]:

### Třída 10

Dvojčíslí určené třetí a čtvrtou číslicí v číselné značce oceli vyjadřuje u konstrukčních ocelí nejmenší pevnost v tahu v 10 MPa s těmito výjimkami:

- oceli obchodní jakosti: třetí a čtvrtá číslice je 0 (např. 10 000, 10 004)
- betonářské oceli: dvojčíslí udává nejmenší mez kluzu v 10 Mpa.

### Třída 11

Dvojčíslí určené třetí a čtvrtou číslicí v číselné značce oceli vyjadřuje u konstrukčních ocelí nejmenší pevnost v tahu v 10 MPa s výjimkou automatových ocelí, kde třetí číslice - 1 - označuje ocel obzvlášť vhodnou k obrábění a čtvrtá číslice charakterizuje střední obsah uhlíku v desetinách procenta, zaokrouhlený na nejbližší celé číslo. Je-li střední obsah uhlíku menší než 0,1 %, používá se číslice 0.

### Třída 12 - 16

U ocelí třídy 12 je třetí číslice v číselné značce oceli většinou 0. U ocelí tříd 13 až 16 vyjadřuje třetí číslice součet středních obsahů legovacích prvků v procentech, zaokrouhlený na nejbližší celé číslo. Čtvrtá číslice vyjadřuje střední obsah uhlíku v desetinách procenta se zaokrouhlením setin od 3 na vyšší desetinné číslo. Například průměrný obsah C 0,23 % se zaokrouhlí na 0,3; čtvrtá číslice bude 3.

### Třída 17

Třetí číslice v základní číselné značce ocelí třídy 17 vyjadřuje typ legování ocelí jednotlivými legovacími prvky nebo skupinou hlavních legovacích prvků dle tabulky .

*Tab. 2.3 Význam třetí a čtvrté číslice*

Číselná značka	Význam třetí číslice
<b>17 0</b> xx	Oceli chromové
<b>17 1</b> xx	Oceli chromové s dalšími přísadovými prvky (Al, Mo, Ni)
<b>17 2</b> xx	Oceli chromniklové, popř. stabilizované (Ti, Nb)
<b>17 3</b> xx	Oceli chromniklové, popř. stabilizované (Ti, Nb) a s dalšími přísadovými prvky (Mo, V, W, aj.)
<b>17 4</b> xx	Oceli manganochromové, manganochromniklové

<b>17 5</b> xx	Oceli niklové
<b>17 6</b> xx	Oceli manganové
<b>17 7</b> xx	Volné
<b>17 8</b> xx	
<b>17 9</b> xx	

Čtvrtá číslice v základní číselné značce ocelí třídy 17 vyjadřuje obsah hlavních legovacích prvků Cr, Mn a Ni v jednotlivých druzích ocelí podle typu legování.

### Třída 19

Třetí číslice v základní číselné značce ocelí třídy 19 vyjadřuje jednak nelegované oceli, jednak typ legování oceli jednotlivými legovacími prvky nebo skupinou hlavních legovacích prvků dle tabulky .

*Tab. 2.4 Význam třetí a čtvrté číslice*

Číselná značka	Význam třetí číslice	
<b>19 0</b> xx	Dvojčíslí ze 3. a 4. číslice vyjadřuje u nelegovaných ocelí střední obsah uhlíku	Nástrojové oceli uhlíkové
<b>19 1</b> xx		
<b>19 2</b> xx		
<b>19 3</b> xx	Oceli manganové, křemíkové, vanadové	Nástrojové oceli legované
<b>19 4</b> xx	Oceli chromové	
<b>19 5</b> xx	Oceli chrommolybdenové	
<b>19 6</b> xx	Oceli niklové	
<b>19 7</b> xx	Oceli wolframové	
<b>19 8</b> xx	Oceli rychlořezné	
<b>19 9</b> xx	Speciální oceli	

Čtvrtá číslice v základní číselné značce legovaných ocelí třídy 19 má význam pořadový.

### Význam doplňkových čísel [1]:

**První doplňková číslice** (za tečkou) vyjadřuje stav oceli, tj. druh tepelného zpracování.

**Druhá doplňková číslice** (za tečkou) vyjadřuje stupeň přetváření. Vyskytuje se poměrně zřídka.

Tab. 2.5 Význam doplňkových číslic

První doplňková číslice	Stav oceli (druh tepelného zpracování)	Druhá doplňková číslice	Stupeň přetváření		
			pásy válcované zastudena	plechy válcované	
				za tepla	za studena
1xxxx.0	tepelně nezpracovaný				
1xxxx.1	normalizačně žíhaný	1xxxx.x0	dále nepřeválcováno	dále nepřeválcováno	
1xxxx.2	žíhaný (s uvedením způsobu žíhání)	1xxxx.x1	lehce převálcováno		
1xxxx.3	žíhaný na měkko	1xxxx.x2	1/4 tvrdý		
		1xxxx.x3	1/2 tvrdý		
		1xxxx.x4	3/4 tvrdý		
		1xxxx.x5	4/4 tvrdý		
		1xxxx.x6	5/4 tvrdý		
1xxxx.4	kalený nebo kalený a popouštěný při nízkých teplotách, po rozpouštěcím žíhání (jen u austenitických ocelí)	1xxxx.x7	netvoří se při něm čtyřlístky (pásy jsou zpracovány se zřetelem na omezení anizotropie mechanických vlastností materiálů - omezení tvorby cípů); mechanické vlastnosti jako u měkce žíhaného materiálu		
1xxxx.5	normalizačně žíhaný a popouštěný				
1xxxx.6	zušlechtěný na dolní pevnost obvyklou u příslušné oceli	1xxxx.x8	zpracováno podle zvláštního předpisu		
1xxxx.7	zušlechtěný na střední pevnost obvyklou u příslušné oceli	1xxxx.x9	zpracování podle dohodnutého předpisu		
1xxxx.8	zušlechtěný na horní pevnost obvyklou u příslušné oceli				
1xxxx.9	stavy, které nelze označit číslicemi 0 až 8				

---

## 3. STRUKTURA ZNAČENÍ OCELÍ DLE EN

### 3.1 Předmět normy

Evropská norma stanoví pravidla pro stavbu značek ocelí pomocí určujících písmen a číslic vyjadřujících použití a hlavní charakteristiky, například mechanické, fyzikální, chemické, tak, aby poskytly zkrácenou identifikaci ocelí. Evropská norma platí pro oceli specifikované v evropských normách (EN), technických specifikacích (TS), technických zprávách (TR) a národních normách členů CEN [3].

### 3.2 Všeobecné zásady a rozdělení značek ocelí [1]

Pro každou jednu ocel musí být pouze jedna značka. Přidělená značka rozděluje ocel do dvou hlavních skupin pomocí **základních symbolů**:

- **skupina A: oceli označované podle použití a mechanických nebo fyzikálních vlastností,**
- **skupina B: oceli označované podle chemického složení.**

K těmto základním jsou přiřazeny ještě **symboly přídatné** identifikující další charakteristické rysy, například vhodnost pro použití za vysokých nebo nízkých teplot, stav povrchu, stav zpracování, způsob dezoxidace.

**Všechna písmena a čísla se píší bez mezery**, přídatné symboly se připojují rovněž bez mezery, u symbolů pro výrobky se znaménkem + (plus). Pokud se jedná o ocel na odlitky, je před základním symbolem písmeno G (rovněž bez mezery).

#### **A. Značky ocelí podle použití a mechanických nebo fyzikálních vlastností podle ČSN EN 10027-1**

Tab. 3.1 Schéma značky

Základní symboly		Přídatné symboly pro ocel		Přídatné symboly pro ocelové výrobky
Písmeno	Mech. vlastnost	Skupina 1	Skupina 2	viz tabulky

Symboly skupiny 2 mohou být použity pouze ve spojení se symboly skupiny 1 a připojují se za nimi.

## A/1. Konstrukční oceli

Tab. 3.2 Konstrukční oceli

### Základní symboly

Písmeno **S** = **označení konstrukční oceli**

Mechanické vlastnosti: třímístné číslo minimální meze kluzu\* v MPa pro nejmenší rozsah tloušťky výrobku.

### Přídavné symboly pro oceli:

#### Skupina 1:

Nárazová práce			Zkušební teplota °C	<p>A = precipitačně vytvrzeno**</p> <p>M = termomechanicky válcováno**</p> <p>N = normalizačně žíháno nebo normalizačně válcováno**</p> <p>Q = zušlechťeno**</p> <p>G = jiné charakteristiky, pokud je to potřebné, následuje jedna nebo dvě číslice.</p>
27 J	40 J	60 J		
JR	KR	LR	+ 20	
J0	K0	L0	0	
J2	K2	L2	- 20	
J3	K3	L3	- 30	
J4	K4	L4	- 40	
J5	K5	L5	- 50	
J6	K6	L6	- 60	

#### Skupina 2:

**C** = se zvláštní tvářitelností za studena,

**D** = pro žárové pokovování ponorem,

**E** = pro smaltování,

**F** = pro kování,

**H** = duté profily,

**L** = pro nízké teploty,

**M** = termomechanicky válcováno,

**N** = normalizačně žíháno nebo normalizačně válcováno

**P** = štetovnice,

**Q** = zušlechťeno,

**S** = pro stavbu plavidel,

**T** = na trubky,

**W** = odolné proti atmosférické korozi,

Chemické značky pro další stanovené prvky, např. Cu, je-li třeba, uvedou se spolu s číslem, které udává desetinásobek střední hodnoty rozsahu předepsaného pro obsahu prvku (zaokrouhлено na 0,1 %).

\* Pod pojmem „mez kluzu“ jsou údaje v normách výrobků pro horní nebo dolní mez kluzu ( $R_{eH}$ ) nebo ( $R_{eL}$ ) nebo plastické prodloužení ( $R_p$ ) nebo celkové prodloužení ( $R_t$ ),

\*\* Symboly A, M, N, Q ve skupině 1 platí pro jemnozrnné oceli

Přídavné symboly pro ocelové výrobky jsou uvedeny pro stavy zpracování viz tab. 3.11-3.13

**Příklad značky: S235JR** dle EN 10025-2

## A/2. Oceli pro tlakové nádoby a zařízení

Tab. 3.3 Oceli pro tlakové nádoby a zařízení

<b>Základní symboly</b>  Písmeno <b>P</b> = oceli pro tlakové nádoby a zařízení Mechanické vlastnosti: třímístné číslo minimální meze kluzu* ( $R_e$ ) v MPa pro nejmenší rozsah tloušťky výrobku.  <b>Přídavné symboly pro oceli:</b>	
<b>Skupina 1:</b>	
<b>M</b> = termomechanicky válcováno** <b>N</b> = normalizačně žíháno nebo normalizačně válcováno** <b>Q</b> = zušlechťeno**	<b>S</b> = jednoduché tlakové nádoby, <b>T</b> = trubky, <b>G</b> = jiné charakteristiky, pokud je to nutné, následuje jedna nebo dvě číslice.
<b>Skupina 2:</b>	
<b>H</b> = vysoké teploty <b>L</b> = nízké teploty	<b>R</b> = teplota místnosti, <b>X</b> = vysoké i nízké teploty.
* Pod pojmem „mez kluzu“ jsou údaje v normách výrobků pro horní nebo dolní mez kluzu ( $R_{eH}$ ) nebo ( $R_{eL}$ ) nebo plastické prodloužení ( $R_p$ ) nebo celkové prodloužení ( $R_t$ ), **Symboly M, N, Q ve skupině 1 platí pro jemnozrnné oceli. Příd. symboly pro ocelové výrobky jsou uvedeny v tabulkách přídavných symbolů pro ocelové výrobky tab. 3.11-3.13	
<b>Příklad značky: P265GH</b> dle EN 10028-2	

## A/3. Oceli na strojní součásti

Tab. 3.4 Oceli na strojní součásti

<b>Základní symboly:</b>  Písmeno <b>E</b> = oceli na strojní součásti Mechanické vlastnosti: třímístné číslo minimální meze kluzu* ( $R_e$ ) v MPa pro nejmenší rozsah tloušťky výrobku.  <b>Přídavné symboly pro oceli:</b>	
<b>Skupina 1:</b>	
<b>G</b> = jiné charakteristiky, pokud je to nutné, následuje jedna nebo dvě číslice nebo v případě, kdy je stanovena nárazová práce, odpovídající pravidlům podle bodu 1. (Konstrukční oceli), skupina 1.	
<b>Skupina 2:</b>	
<b>C</b> = vhodnost k tažení za studena, nebo v případě, kdy je stanovena nárazová práce, odpovídající pravidlům podle bodu 1. (Konstrukční oceli), skupina 1.	
* Pod pojmem „mez kluzu“ jsou údaje v normách výrobků pro horní nebo dolní mez kluzu ( $R_{eH}$ ) nebo ( $R_{eL}$ ) nebo plastické prodloužení ( $R_p$ ) nebo celkové prodloužení ( $R_t$ ), Přídavné symboly pro ocelové výrobky jsou uvedeny pro stavy zpracování v tab. 3.11-3.13.	
<b>Příklad značky: E335</b> dle EN 10025-2	

#### A/4. Oceli pro výztuž do betonu

Tab. 3.5 Oceli pro výztuž do betonu

<b>Základní symboly:</b>  Písmeno <b>B</b> = oceli pro výztuž do betonu Mechanické vlastnosti: třímístné číslo minimální meze kluzu a) (Re) v MPa pro nejmenší rozsah tloušťky výrobku.  <b>Přídavné symboly pro oceli:</b>
<b>Skupina 1:</b>
Písmeno udávající třídu tvařitelnosti, pokud je to potřebné, následuje jedna nebo dvě číslice.
<b>Skupina 2:</b>
Neobsazeno.
a) Pod pojmem „mez kluzu“ jsou údaje v normách výrobků pro horní nebo dolní mez kluzu (ReH) nebo (ReL) nebo plastické prodloužení (Rp) nebo celkové prodloužení (Rt), Přídavné symboly pro ocelové výrobky jsou uvedeny pro stavy zpracování v tab. 3.11-3.13
<b>Příklad značky: B500A</b> (nenormalizovaná)

#### A/5. Ploché výrobky k tváření za studena

Tab. 3.6 Ploché výrobky k tváření za studena

<b>Základní symboly:</b>  Písmeno <b>D</b> = oceli na ploché výrobky k tváření za studena Mechanické vlastnosti: <b>C</b> = válcováno za studena s následujícími dvěma symboly * <b>D</b> = válcováno za tepla, určeno k bezprostřednímu tváření za studena s následujícími dvěma symboly * <b>X</b> =způsob válcování není předepsán (za tepla nebo za studena) s následujícími dvěma symboly* <b>Přídavné symboly pro oceli:</b>
<b>Skupina 1:</b>
<b>D</b> = pro žárové pokovování ponorem, <b>ED</b> = pro přímé smaltování <b>EK</b> = pro obvyklé smaltování <b>H</b> = pro duté profily <b>T</b> = pro trubky, <b>G</b> = jiné charakteristiky, pokud je to nutné, následuje jedna nebo dvě číslice.Chemické značky pro další předepsané prvky, např. Cu, je-li třeba, uvedou se spolu s číslem, které udává deseti-násobek střední hodnoty rozsahu předepsaného pro obsahu prvku (zaokrouhлено na 0,1 %).
<b>Skupina 2:</b>
Neobsazeno.
* Tyto symboly budou u odpovídajících ocelí charakterizovat jejich pořadí. Přídavné symboly pro ocelové výrobky jsou uvedeny pro druhy povlaku a stavy zpracování v tabulkách přídavných symbolů pro ocelové výrobky tab. 3.11-3.13.
<b>Příklad značky: DX51D+Z</b> dle EN 10327



## **B. Značky ocelí podle jejich chemického složení podle ČSN EN 10027-1**

### **B/1. Nelegované oceli (kromě automat. ocelí) se středním obsahem Mn < 1 %**

*Tab. 3.7 Nelegované oceli s Mn < 1 %*

#### **Základní symboly:**

Písmeno **C** = **uhlík**

Obsah uhlíku: \*číslo stonásobku střední hodnoty rozsahu předepsaného obsahu C. Pokud rozsah obsahu C není uveden, uvede se reprezentativní hodnota.

#### **Přídavné symboly pro oceli:**

##### **Skupina 1:**

**C** = pro tváření za studena (pěchování a protlačování),

**D** = pro tažení drátu,

**E** = předepsaným maximálním obsahem síry,

**R** = předepsaným rozsahem obsahu síry,

**S** = na pružiny,

**U** = na nástroje,

**W** = na svařovací dráty,

**G** = jiné charakteristiky, je-li to nutné, následuje jedna nebo dvě číslice.

##### **Skupina 2:**

Chemické značky pro další předepsané přídavné prvky, např. Cu, pokud je to nutné, uvedou se spolu s číslem, které udává desetinásobek střední hodnoty rozsahu předepsaného pro obsah prvku (zaokrouhlené na 0,1 %).

\*Pro rozlišení dvou druhů ocelí s podobným chemickým složením může být charakteristické číslo obsahu C zvýšeno o jednu jednotku.

1) Pro rozlišení mezi dvěma druhy ocelí jedné příslušné normy na výrobek se za přídavné symboly skupiny 1, kromě symbolů E a R, připojí jedna nebo dvě číslice. Za symboly E a R skupiny se může připojit jedna číslice udávající stonásobek maximálního nebo středního obsahu síry, zaokrouhleného na 0,1 %.

Přídavné symboly pro ocelové výrobky jsou uvedeny pro stavy zpracování v tabulce příklady symbolů pro tepelné zpracování *tab. 3.11-3.13*.

**Příklad značky: C35E** dle EN 10083-1

**B/2. Nelegované oceli se středním obsahem Mn  $\geq 1$  %, nelegované automatové oceli a legované oceli (kromě rychlořezných) se středními obsahy jednotlivých legujících prvků  $< 5$  %**

*Tab. 3.8 Nelegované oceli s Mn  $\geq 1$  % včetně automatových, leg. oceli s  $< 5$  % LP*

**Základní symboly:**

**Obsah uhlíku:**

\* číslo stonásobku střední hodnoty rozsahu předepsaného pro obsah C, pokud rozsah obsahu C není uveden, uvede se reprezentativní hodnota.

**Legující prvky:**

\*\*chemické značky legujících prvků charakterizujících ocel (vše bez mezer), následují čísla, oddělená spojovníky, která odpovídají střednímu obsahu příslušného prvku, v daném pořadí, vynásobenému následujícím koeficientem

Prvek	Koeficient
Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10
Ce, N, P, S	100
B	1000

\* Pro rozlišení dvou druhů ocelí s podobným chemickým složením může být charakteristické číslo obsahu C zvýšeno o jednu jednotku.

\*\* Pořadí prvků musí být uvedeno podle hodnoty obsahu. Když je hodnota pro obsah stejná u dvou nebo více prvků, uvedou se značky v abecedním pořadí.

Přídavné symboly pro ocelové výrobky jsou uvedeny pro zvláštní požadavky a pro stavy zpracování v tabulkách přídavných symbolů pro ocelové výrobky *tab. 3.11-3.13*.

**Příklad značky: 13CrMo4-5 dle EN 10028-2**

### B/3. Korozivzdorné a legované oceli (kromě rychlořezných) s obsahem minimálně jednoho legujícího prvku $\geq 5\%$

Tab. 3.9 Korozivzdorné a leg. oceli s min.  $\geq 5\%$  LP

<b>Základní symboly:</b>	
Písmeno <b>X</b> = střední obsah nejméně jednoho legujícího prvku $\geq 5\%$ .	
<b>Obsah uhlíku:</b>	* stonásobek střední hodnoty rozsahu předepsaného pro obsah C: pokud obsah C není uveden, uvede se reprezentativní hodnota. (Pro rozlišení dvou druhů ocelí s podobným chemickým složením může být charakteristické číslo obsahu C zvýšeno o jednu jednotku).
<b>Legující prvky:</b>	** chemické značky legujících prvků charakterizujících ocel (vše bez mezer) a následují čísla, oddělená spojovníky, která odpovídají střednímu obsahu příslušného prvku v daném pořadí zaokrouhlenému na nejbližší vyšší číslo. Přídavné symboly pro oceli:
<b>Skupina 1 a Skupina 2:</b>	
Chemická značka oddělená spojovníky pro charakteristický prvek, jehož obsah je v rozmezí 0,2 – 1 %, následuje číslo, které udává desetinásobek středního obsahu legujícího prvku.	
<p>* Pro rozlišení dvou druhů ocelí s podobným chemickým složením může být charakteristické číslo obsahu C zvýšeno o jednu jednotku,</p> <p>** Pořadí prvků musí být uvedeno podle hodnoty obsahu. Když je hodnota pro obsah stejná u dvou nebo více prvků, uvedou se značky v abecedním pořadí.</p> <p>Přídavné symboly pro ocelové výrobky jsou uvedeny pro zvláštní požadavky a stavy zpracování v tabulkách přídavných symbolů pro ocelové výrobky tab. 3.11-3.13.</p>	
<b>Příklad značky: X10CrNi18-8</b> dle EN 10088-2	

### B/4. Rychlořezné oceli

Tab. 3.10 Rychlořezné oceli

<b>Základní symboly:</b>	
Písmena <b>HS</b> = rychlořezné oceli	
<b>Obsahy legujících prvků:</b> čísla*, oddělená spojovníky, udávající procentuální obsah legujících prvků v následném pořadí:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- wolfram (W),</li> <li>- molybden (Mo),</li> <li>- vanad (V),</li> <li>- kobalt (Co).</li> </ul>	
<b>Přídavné symboly pro oceli:</b>	
<b>Skupina 1:</b>	
Chemická značka(y) prvku(ů) s nejvyšším obsahem (při stejném druhu oceli).	
<b>Skupina 2:</b>	
Neobsazeno.	
* Každé číslo určuje střední procentuální obsah prvku, který je zaokrouhlen na nejbližší celé	

číslo.

Přídavné symboly pro ocelové výrobky jsou uvedené pro stavy zpracování v tabulce příklady symbolů pro tepelné zpracování *tab. 3.11-3.13*.

**Příklad značky: HS6-5-2** dle EN ISO 4957

### 3.3 Tabulka přídavných symbolů pro ocelové výrobky

#### Příklady symbolů pro zvláštní požadavky [3]

*Tab. 3.11 Symboly pro zvláštní požadavky*

Symbol*	Význam
<b>+CH</b>	zpracováno na tvrdost jádra
<b>+H</b>	prokalitelnost
<b>+Z15</b>	minimální kontrakce ve směru kolmém k povrchu = 15 %
<b>+Z25</b>	minimální kontrakce ve směru kolmém k povrchu = 25 %
<b>+Z35</b>	minimální kontrakce ve směru kolmém k povrchu = 35 %
*Tyto symboly jsou od předchozích odděleny znaménkem (+). Symboly stanovují charakteristické zvláštní požadavky pro oceli. Z praktického hlediska jsou ale považovány za přídavné symboly pro ocelové výrobky.	

#### Příklady symbolů pro druhy povlaků [3]

*Tab. 3.12 Symboly pro druhy povlaků*

Symbol*	Význam
<b>+A</b>	žárově pohliníkováno ponorem
<b>+AS</b>	povlak ze slitiny Al-Si
<b>+AZ</b>	povlak ze slitiny Al-Zn (Al > 50 %)
<b>+CE</b>	elektrolyticky pochromováno (ECCS)
<b>+CU</b>	povlak Cu
<b>+IC</b>	povlak anorganický
<b>+OC</b>	povlak organický
<b>+S</b>	žárově pocínováno ponorem
<b>+SE</b>	elektrolyticky pocínováno
<b>+T</b>	žárově pokoveny slitinou Pb-Sn (Terne)
<b>+TE</b>	elektrolyticky pokoveny slitinou Pb-Sn (Terne)
<b>+Z</b>	žárově pozinkováno ponorem

<b>+ZA</b>	žárově pokoveny slitinou Zn-Al (Zn > 50 %)
<b>+ZE</b>	elektrolyticky pozinkováno
<b>+ZF</b>	povlak Zn a Fe (difúzně žíhaný)
<b>+ZN</b>	elektrolyticky pokoveny slitinou Zn-Ni
*Tyto symboly jsou od předchozích odděleny znaménkem (+).	

### Příklady symbolů pro tepelné zpracování [3]

Tab. 3.13 Symboly pro tepelné zpracování

Symbol*	Význam	Odpovídající ČSN 42 0002
<b>+A</b>	<b>žíhaný na měkko</b>	<b>.3</b>
<b>+AC</b>	žíhaný na globulární karbidy	.2
<b>+AR</b>	<b>válcovaný (bez zvláštních podmínek na válcování nebo tepelné zpracování)</b>	<b>.0</b>
<b>+AT</b>	<b>rozpuštěcí žíhání</b>	<b>.4</b>
<b>+C</b>	zpevněný zpracováním za studena	.x1 až 6
<b>+C<sub>xxx</sub></b>	zpevněný zpracováním za studena na minimální pevnost v tahu od xxx [MPa]	.x1 až 6
<b>+C<sub>p</sub><sub>xxx</sub></b>	zpevněný zpracováním za studena na minimální tažnost 0,2 % od xxx [MPa]	-
<b>+CR</b>	válcovaný za studena	.0
<b>+DC</b>	dodávaný stav podle výrobce	-
<b>+FP</b>	zpracovaný žíháním na ferit-perlit a rozsah tvrdosti	.9
<b>+HC</b>	válcovaný za tepla a zpevněný za studena	-
<b>+I</b>	isotermicky zpracovaný	.9
<b>+LC</b>	lehce přetažený za studena případně lehce převálcovaný	.21, .31
<b>+M</b>	termomechanicky tvářený	.9
<b>+N</b>	<b>normalizačně žíhaný nebo normalizačně válcovaný</b>	<b>.1</b>
<b>+NT</b>	<b>normalizačně žíhaný a popouštěný</b>	<b>.5</b>
<b>+P</b>	precipitačně vytvrzený	.9
<b>+Q</b>	kalený	.4
<b>+QA</b>	kalený na vzduchu	.4
<b>+QO</b>	kalený do oleje	.4
<b>+QT</b>	zušlechťený	.6
<b>+QW</b>	kalený do vody	.4
<b>+RA</b>	rekrytalizačně žíhaný	.2

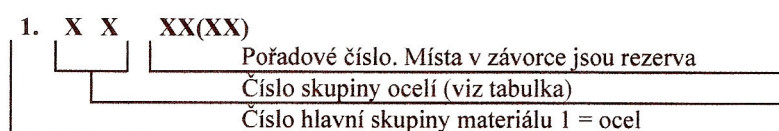
---

<b>+S</b>	zpracovaný na stříhatelnost za studena	-
<b>+SR</b>	žíhaný na snížení pnutí	-
<b>+T</b>	popouštěný	-
<b>+TH</b>	zpracovaný na rozsah tvrdosti	-
<b>+U</b>	nezpracovaný	-
<b>+WW</b>	zpevněný zpracováním za tepla	-
*Tyto symboly jsou od předchozích odděleny znaménkem (+).		

*Poznámka:* tučně zvýrazněné „významy“ symbolů označují nejčastěji používané tepelné zpracování požadované pro polotovary na výrobu energetických zařízení v PBS Industry a.s. Třebíč

## 4. ČÍSELNÉ ZNAČENÍ OCELÍ – WERKSTOFFNUMMER

Kromě obecně známého označení kódem sestávajícím z písmen a číslic (např. C35, 16-MnCr5) jsou německé materiály též označeny „**číslem materiálu**“ známým jako **Werkstoffnummer** (zkráceně WNr.) **Toto číselné označení materiálů bylo převzato a začleněno do označení ocelí i v ostatních státech Evropské unie (ČSN EN 10027-2).** V některých případech jsou v technické dokumentaci i na výkresech u použitých materiálů uvedena pouze tato čísla. V praxi je používáno pravidlo označení materiálů „pouze“ tzv. WNr. u materiálů středně legovaných a vysokolegovaných (známých dle ČSN jako oceli třídy 17). Proto je třeba umět se orientovat i v systému tohoto způsobu označování. Číselné označení může obsahovat celkem sedm číslic, zpravidla je však použito číslic pět (*obr. 4.1*).



*Obr.4.1 Schéma číselného označení oceli*

„**Číslo materiálu**“ sestává z pěti až sedmi číslic [6].

- **První číslice**, oddělená tečkou, udává **druh materiálu** . Pro ocel = 1.
- **Druhá a třetí číslice** pak značí jeho **jakost** . Rozdělení dle *tab. 4.2.- 4.3.* Např. WNr. 1.7131 značí ocel 16MnCr5 (ČSN 14 220).
- **Čtvrtá a pátá číslice** je číslo pořadové.
- **Šestá a sedmá číslice** slouží jako rezerva pro případ nárůstu počtu ocelí. Zatím se tedy používá čísel pět.

Podle „*Čísla materiálu*“ lze stanovit ekvivalent k ČSN a mezi ostatními národními systémy značení materiálů. Pro určování ekvivalentů ocelí slouží celá řada převodních tabulek, ať už v tištěné formě, tak i jako software (např. Werkstoffschlüssel). Ke všem jakostem oceli ovšem ekvivalent neexistuje. V takovém případě se přistupuje k hledání jakostí dle nejbližší shody v chemickém složení a dle meze kluzu i meze pevnosti. Při vysoké náročnosti daného výrobku či zařízení na bezpečnost či odolnost se přistupuje u nalezeného ekvivalentu k provedení zkoušek. Těmito zkouškami jsou zpravidla zkouška tahem, zkouška vrubové houževnatosti a provedení metalografie.

Podle „čísla materiálu“ je možno určit o jaký typ materiálu se jedná, neboť každá skupina ocelí má vyhrazen určitý interval čísel (tab.4.1) [5].

Tab. 4.1 Orientační určení skupin ocelí

Werkstoff - Nummer	Skupina ocelí
1.0009 – 1.0083	Základní
1.0107 – 1.0989	Konstrukční obvyklých ocelí
1.1003 – 1.1339	Konstrukční ušlechtilé uhlíkové
1.1520 – 1.1830	Nástrojové uhlíkové
1.2002 – 1.2891	Nástrojové legované
1.3202 – 1.3395	Nástrojové rychlořezné
1.3401 – 1.3433	Otěruvzdorné
1.3501 – 1.3590	Na valivá ložiska
1.3612 – 1.3993	Se zvláštními fyzikálními vlastnostmi
1.4000 – 1.4596	Nerezavějící
1.4600 – 1.4697	Žárupevné a/nebo korozivzdorné
1.4700 – 1.4893	Žárovzdorné
1.4903 – 1.4999	Žárupevné
1.5015 – 1.8564	Konstrukční, ušlechtilé legované
1.8701 – 1.8996	Konstrukční vysokopevnostní svařitelné

Tab. 4.2 Čísla skupin ocelí nelegovaných [4].

Oceli nelegované		
Oceli obvyklých jakostí	Oceli jakostní	Oceli ušlechtilé
<b>00</b> nebo 90 oceli obvyklých jakostí <i>S185(10 000, 10 004)</i> <i>S235(11373, 11375)</i> <i>E295 (11 500)</i> <i>E335(11 600)</i> <i>E360(11 700)</i>		<b>10</b> oceli se zvláštními fyzikálními vlastnostmi
	<b>01</b> konstrukční oceli pro všeobecné použití s $R_m < 500 \text{ MPa}$ <i>S235J0(11 378), S275J2(11 448)</i>	<b>11</b> konstrukční oceli na strojní součásti s $< 0,50\% \text{C}$ 12 050
	<b>02</b> ostatní konstrukční oceli neurčené pro tepelné zpracování s $R_m < 500 \text{ MPa}$	<b>12</b> oceli na strojní součásti s $> 0,5 \% \text{C}$ 12 060
	<b>03</b> oceli s průměrným $\% \text{C} < 0,12$ nebo $R_m < 400 \text{ MPa}$ <i>P235GH(11 368)</i>	<b>13</b> konstrukční oceli, oceli na strojní součásti, tlakové nádoby a oceli se zvláštními požadavky
	<b>04</b> oceli s průměrným $\% \text{C} \geq 0,12 < 0,25$ nebo $R_m \geq 400 < 500 \text{ MPa}$ <i>S275N, P265GH(11 418), P295GH(13 030)</i>	<b>14</b>
	<b>05</b> oceli s průměrným $\% \text{C} \geq 0,25 < 0,55$ nebo $R_m \geq 500 < 700 \text{ MPa}$ <i>S355J0(11 523), S355J2(11 503), S355N (NL)</i>	<b>15</b> oceli nástrojové
	<b>06</b> oceli s průměrným $\% \text{C} \geq 0,55$ nebo $R_m \geq 700 \text{ MPa}$	<b>16</b> oceli nástrojové
	<b>07</b> oceli s vyšším obsahem P nebo S	<b>17</b> oceli nástrojové <i>ČSN 19 083</i>
		<b>18</b> oceli nástrojové
		<b>19</b>



Tab. 4.3 Číslo skupin ocelí legovaných [4].

Oceli legované							
Oceli jakostní	Oceli ušlechtilé						
	nástrojové oceli	různé oceli	chemicky odolné oceli	konstrukční oceli, oceli na strojní součásti a na tlakové nádoby			
	<b>20</b> Cr	<b>30</b>	<b>40</b> nerezavějící oceli s méně než 2,5% Ni bez Mo, Nb, Ti	<b>50</b> Mn, Si, Cu 13 141	<b>60</b> Cr-Ni s obsahem Cr od 2,0 do 3%	<b>70</b>	<b>80</b> Cr-Si-Mn Cr-Si-Mn-Mo Cr-Si-Mo-V Cr-Si-Mn-Mo-V
	<b>21</b> Cr-Si Cr-Mn Cr-Mn-Si	<b>31</b>	<b>41</b> nerezavějící oceli s méně než 2,5% Ni s Mo, bez Nb a Ti	<b>51</b> Mn-Si Mn-Cr 13 240	<b>61</b>	<b>71</b> Cr-Si Cr-Mn Cr-Mn-B Cr-Si-Mn	<b>81</b> Cr-Si-V Cr-Mn-V Cr-Si-Mn-V
	<b>22</b> Cr-V Cr-V-Si Cr-V-Mn Cr-V-Mn-Si	<b>32</b> rychlořezné oceli s Co	<b>42</b>	<b>52</b> Mn-Cu Mn-V Si-V Mn-Si-V	<b>62</b> Ni-Si Ni-Mn Ni-Cu	<b>72</b> Cr-Mo s méně než 0,35% Mo Cr-Mo-B	<b>82</b> Cr-Mo-W Cr-Mo-V-W
	<b>23</b> Cr-Mo Cr-Mo-V Mo-V	<b>33</b> rychlořezné oceli bez Co	<b>43</b> nerezavějící oceli s $\geq 2,5$ % Ni bez Mo, Nb, Ti (15 260)	<b>53</b> Mn - Ti Si-Ti	<b>63</b> Ni-Mo Ni-Mo-Mn Ni-Mo-Cu Ni-Mo-V Ni-Mn-V	<b>73</b> Cr-Mo s $\geq 0,35$ % Mo (15 121) (15 313)	<b>83</b>
	<b>24</b> W Cr-W	<b>34</b>	<b>44</b> nerezavějící oceli s $\geq 2,5$ % Ni s Mo, bez Nb a Ti	<b>54</b> Mo, Nb, Ti, V, W (15 020)	<b>64</b>	<b>74</b>	<b>84</b> Cr-Si-Ti Cr-Mn-Ti Cr-Si-Mn-Ti
	<b>25</b> W-V Cr-W-V	<b>35</b> oceli na valivá ložiska	<b>45</b> nerezavějící oceli se zvláštními přísadami	<b>55</b> B Mn-B s $< 1,65$ Mn	<b>65</b> Cr-Ni-Mo s $< 4$ % Mo + $< 2,0$ Ni	<b>75</b> Cr-V s $< 2,0$ % Cr	<b>85</b> oceli k nitridování
	<b>26</b> W kromě tříd 24,25 a 27	<b>36</b> materiály se zvláštními magnetickými vlastnostmi bez Co	<b>46</b> chemicky odolné a žárovevné slitiny Ni	<b>56</b> Ni	<b>66</b> Cr-Ni-Mo s $< 0,4$ % Mo + $\geq 2,0$ $< 3,5$ % Ni	<b>76</b> Cr-V s $> 2,0$ % Cr	<b>86</b>
	<b>27</b> s Ni	<b>37</b> materiály se zvláštními magnetickými vlastnostmi s Co	<b>47</b> žárovzdorné oceli s $< 2,5$ % Ni	<b>57</b> Cr-Ni s $< 1,0$ % Cr	<b>67</b> Cr-Ni-Mo s $< 0,4$ % Mo + $\geq 3,5$ $< 5$ % Ni nebo $\geq 0,4$ % Mo	<b>77</b> Cr-Mo-V	<b>87</b> oceli určené pro tepelné zpracování u odběratele
<b>08</b> 98 oceli se zvláštními fyzikálními vlastnostmi	<b>28</b> ostatní	<b>38</b> materiály se zvláštními fyzikálními vlastnostmi bez Ni	<b>48</b> žárovzdorné oceli s $\geq 2,5$ % Ni	<b>58</b> Cr-Ni s $\geq 1,0$ $< 1,5$ %Cr	<b>68</b> Cr-Ni-V Cr-Ni-W Cr-Ni-V-W	<b>78</b>	<b>88</b> vysocepevné svařitelné oceli
<b>09</b> 99 oceli pro různé oblasti použití	<b>29</b>	<b>39</b> materiály se zvláštními fyzikálními vlastnostmi s Ni	<b>49</b> vysocepevné žárovevné materiály	<b>59</b> Cr-Ni s $\geq 1,5$ $< 2$ %Cr	<b>69</b> Cr-Ni kromě tříd 57 až 68	<b>79</b> Cr-Mn-Mo Cr-Mn-Mo-V	<b>89</b> vysocepevné svařitelné oceli

---

## 5. STRUKTURA ZNAČEK OCELÍ DLE DIN

Struktura značení ocelí dle původní DIN je tvořena **kombinacemi čísel a písmen** [6].

Tab. 5.1 Rozdělení ocelí do skupin

Oceli nelegované (uhlíkové)			Oceli legované	
Tepelně nezpracované, kromě normalizačního žíhání	Určené k tepelnému zpracování		Nízkolegované – obsah legujících prvků do 5 %	Vysokolegované – obsah legujících prvků nad 5 %
	Oceli jakostní	Oceli ušlechtilé		

### 5.1 Označování ocelí nelegovaných neušlechtilých [7]

**První znak** - velké písmeno vyznačující **způsob odlévání** oceli:

**U** - ocel uklidněná

**R** - ocel uklidněná nebo polouklidněná

**RR** - ocel zvlášť uklidněná

**Druhý znak** - písmeno **St** (St = Stahl-ocel)

**Třetí znak** - dvojčíslí udávající nejmenší **pevnost v tahu** v  $\text{kp/m}^2$  \*

**Čtvrtý znak** - číslo skupiny jakosti, oceli jsou rozděleny **podle obsahu** P-fosfor, S-síry a C-uhlíku do tří skupin označovaných **1, 2, 3**, z nichž skupina 3 má nejvyšší obsah P a S, popřípadě i C,  
- číslo skupiny jakosti se oddělí od čísla udávajícího nejmenší pevnost v tahu vodorovnou čárkou.

\* Silový kilogram na čtverečný metr:

tato jednotka (a podobně i další) se dříve nazývala silový kilogram na čtverečný metr a byla značena  $\text{kg/m}^2$  ( $1 \text{kp/m}^2 = 9,806\,65 \text{ Pa}$ ).

**Uvedené čtyři znaky** tvoří základní značku oceli, která může být doplněna ještě doplňkovými znaky:

---

**Před prvním znakem:** **E** - ocel vyrobená v elektrické peci,  
**M** - ocel vyrobená v martinské peci,  
**Y** - ocel vyrobená v kyslíkovém konvertoru.

**Mezi prvním a druhým znakem:** **Q** – zvlášť vhodná k odstřihování,  
**Z** – vhodná k tažení tyčí,  
**P** – vhodná ke kování v zápustkách nebo  
kovacích strojích,  
**Ro** – vhodná k výrobě trubek.

**Za posledním znakem:** **U** – dodání materiálu ve stavu po vyválnování,  
**N** – dodání materiálu ve stavu normalizačně žíhaném.

**Příklady:**

**R St 42-2** - ocel uhlíková, neušlechtilá s pevností v tahu min. 42 kp/m<sup>2</sup>, 2. jakostní skupiny.

**M R St 42-2N** - ocel uhlíková, neušlechtilá s pevností v tahu min. 42 kp/m<sup>2</sup> = 410 MPa, 2. jakostní skupiny, martinská, uklidněná nebo polouklidněná, normalizačně žíhaná.

**R Q St 42-2** - tatáž ocel vhodná k ostřihávání (plechy).

## **5.2 Označování nelegovaných jakostních ocelí [7]**

U těchto ocelí je ve značce vyjádřen střední obsah uhlíku.

**První znak** - písmeno **C**.

**Druhý znak** - číslo udávající stonásobek středního obsahu uhlíku.

**Příklad: C35** - uhlíková jakostní ocel se středním obsahem uhlíku 0,35 %.

## **5.3 Označování nelegovaných ušlechtilých ocelí [7]**

**První znak** - písmeno **Ck**.

**Druhý znak** - číslo udávající stonásobek středního obsahu uhlíku.

**Příklad:**

**Ck35** - uhlíková jakostní (ušlechtilá) ocel se středním obsahem uhlíku 0,35 %.

---

## 5.4 Označování nízkolegovaných ušlechtilých ocelí [7]

**První znak** - číslo udávající stonásobek středního obsahu uhlíku.

**Druhý znak** - chemické značky legovacích prvků, uspořádaných za sebou podle jejich středního obsahu v oceli. Jsou uvedeny jen ty legovací prvky, které jsou významné pro označení oceli, popřípadě pro rozlišení ocelí podobných.

**Třetí znak** - střední obsah legovacích prvků vyjádřený násobkem skutečného středního obsahu tzv. součinitelem (multiplikátorem) podle *tab. 5.2*.

*Tab.5.2 Tabulka násobků středního obsahu prvků*

Legovací prvky	Součinitel
Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4
Al, Cu, Mo, Ti, V	10
P, S, N	100

**Příklady:**

**25CrMo4** – obsah C = 0,22 až 0,29 % (střední obsah 0,25 %), obsah Cr = 0,90 až 1,20 % (střední obsah 1,05 %, součinitel 4 ;  $4 \times 1,05 = 4$  ), obsah Mo = 0,15 až 0,25 % (střední obsah 0,2 %, součinitel 10 ;  $10 \times 0,2 = 2$  )

**22S20** - obsah C = 0,18 až 0,25 % (střední obsah 0,22 %), obsah S = 0,15 až 0,25 % (střední obsah 0,20 %, součinitel 100 ;  $100 \times 0,20 = 20$  ).

## 5.5 Označování ocelí vysokolegovaných [7]

U těchto ocelí se při vyjádření obsahu hlavních legovacích prvků nepoužívá součinitele, nýbrž udává se skutečný obsah legovacích prvků. K odlišení od ocelí nízkolegovaných je prvním znakem písmeno **X**.

**První znak** - písmeno X

**Druhý znak** - číslo udávající stonásobek středního obsahu uhlíku.

**Třetí znak** - chemické značky významných legovacích prvků.

**Čtvrtý znak** – číslo udávající přibližný střední obsah hlavních legovacích prvků.

**Příklady:**

**X12CrNi17-7** - obsah C = max. 0,15 %

obsah Cr = 16,0 až 18,0 (střední obsah 17,0 %)

obsah Ni = 7,0 až 8,0 (střední obsah 7,5 %)

---

**X5CrNiMo18-10** - obsah C = max. 0,07 %  
obsah Cr = 16,5 až 18,5 % (střední obsah 17,5 %)  
obsah Ni = 10,5 až 12,5 % (střední obsah 11,5 %)  
obsah Mo = 2,0 až 2,5 %

## 5.6 Zvláštní označování ocelí [7]

U některých skupin ocelí (podle účelu užití) je označování ocelí od uvedených systému odlišné, například:

### **Pásy válcované za studena z měkkých nelegovaných ocelí**

Oceli jsou označeny znakem **St** a číslem od **0** do **4** podle chemického čistoty ocelí (obsah fosforu a síry).

#### **b) Oceli nestárnoucí**

Prvním znakem je písmeno **A**, druhým písmenem **St** a třetí číslo udávající minimální pevnost v tahu.

#### **c) Oceli na drát válcované za tepla**

Prvním znakem je písmeno **D** a druhým znakem číslo vyjadřující střední obsah uhlíku.

#### **d) Oceli neušlechtilé na kotlové plechy**

Prvním znakem je písmeno **H** a druhým znakem římská číslice od **I** do **IV**. Od jakosti **HI** do **HIV** se obsah uhlíku a manganu zvyšuje.

#### **e) Magneticky měkké materiály**

Prvním znakem je písmeno **R**, druhým chemická značka významného prvku (Fe, Si nebo Ni) a třetím znakem je číslo, udávající stonásobek koercitivní síly v A/cm.

#### **f) Oceli na dynamové a transformátorové plechy**

Prvním znakem je římská číslice **I** až **IV** a druhým znakem číslo vyjadřující velikost ztrát ve W/kg při  $V = 10$ .

---

## 6. AMERICKÉ SYSTÉMY ZNAČENÍ OCELI

### 6.1 Úvod

Podobně jako v Evropě existuje mnoho systémů a specifikací konstrukčních materiálů (systém DIN, GOST, ČSN) a jejich snaha zavést jednotný systém značení dle EN, tak i v rámci velké země jako je USA, působí několik společností, jež mají své značení, a také zde je **snaha o určité sjednocení**. Tyto společnosti jsou **AISI** (American Iron and Steel Institute), **SAE** (Society of Automotive Engineers), **ASTM** (American Society for Testing and Materials) a **ASME** (American Society of Mechanical Engineers). V průběhu 80-tých let minulého století na základě vzájemné spolupráce SAE a ASTM vzniká **UNS** (Unified Numbering System), který zavádí značení nejen litin a ocelí, ale i dalších kovových materiálů a jejich slitin.

**Značení různých ocelí je tak koordinováno mezi těmito organizacemi a je prakticky stejné.**

V USA jsou oceli označovány číselně, v některých případech je značka doplněna velkým písmenem. Obecně lze konstatovat, že americké značení je méně přehledné než značení dle ČSN a EN.

### 6.2 Konstrukční oceli

#### 6.2.1 Konstrukční oceli dle AISI - SEA [8]

**Konstrukční oceli** kromě ocelí korozivzdorných a žáruvzdorných jsou označovány čtyřmístným číslem. Význam **prvního dvojčíslí** je uveden v *tab.6.1*. **Druhé dvojčíslí udává střední obsah uhlíku v setinách %.**

*Tab. 6.1 Význam prvního dvojčíslí pro konstrukční (uhlíkové a nízkolegované) oceli*

Označení	Přibližné chemické složení
10xx	Oceli uhlíkové
11xx	Oceli automatové s obsahem fosforu max. 0,040 %
12xx	Oceli automatové s vyšším obsahem fosforu a síry
13xx	Oceli manganové , obsah 1,75 %

<b>23xx</b>	Oceli niklové s obsahem niklu 3,5 %
<b>25xx</b>	Oceli niklové s obsahem niklu 5 %
<b>31xx</b>	Oceli nikl-chromové s obsahem Ni 1,25 % a Cr 0,6 %
<b>32xx</b>	Oceli nikl-chromové s obsahem Ni 1,75 % a Cr 1,0 %
<b>33xx</b>	Oceli nikl-chromové s obsahem Ni 3,5 % a Cr 1,5 %
<b>40xx</b>	Oceli molybdenové s obsahem Cr 1,0 % a Mo 0,20 %
<b>43xx</b>	Oceli nikl-chrom-molybdenové Ni 1.82%, Cr 0.50% - 0.80%, Mo 0.25%
<b>44xx</b>	Oceli molybdenové s obsahem Mo 0,35 až 0,45 %
<b>45xx</b>	Oceli molybdenové s obsahem Mo 0,45 až 0,65 %
<b>46xx</b>	Oceli nikl-molybdenové s obsahem Ni 1,8 % a Mo 0,25 %
<b>47xx</b>	Oceli nikl-chrom-molybdenové s obsahem Ni 1,0 %, Cr 0,45 %, Mo 0,35 %
<b>48xx</b>	Oceli nikl-chrom-molybdenové s obsahem Ni 3,5 %, Mo 0,25 %
<b>50xx</b>	Oceli chromové s obsahem Cr 0,35 %
<b>51xx</b>	Oceli chromové s obsahem Cr 0,8 %
<b>61xx</b>	Oceli chrom-vanadové, obsah Cr 1,0 %
<b>71xx</b>	Oceli chrom-hliníkově-vanadové
<b>81xx</b>	Oceli nikl-chrom-molybdenové s obsahem Ni 0,30 %, Cr 0,40 %, Mo 0,12 %
<b>86xx</b>	Oceli nikl-chrom-molybdenové s obsahem Ni 0,55 %, Cr 0,50 %, Mo 0,20 %
<b>87xx</b>	Oceli nikl-chrom-molybdenové s obsahem Ni 0,55 %, Cr 0,50 %, Mo 0,25 %
<b>88xx</b>	Oceli nikl-chrom-molybdenové s obsahem Ni 0,55 %, Cr 0,50 %, Mo 0,35 %
<b>92xx</b>	Oceli křemíkové, obsah Si 1.40%- 2.00%, Mn 0.65%- 0.85%, Cr 0.00% - 0.65%
<b>93xx</b>	Oceli nikl-chrom-molybdenové s obsahem Ni 3,25 %, Cr 1,20 %, Mo 0,12 %
<b>94xx</b>	Oceli nikl-chrom-molybdenové s obsahem Ni 0,50 %, Cr 0,40 %, Mo 0,12 %
<b>97xx</b>	Oceli nikl-chrom-molybdenové s obsahem Ni 0.55%, Cr 0.20%, Mo 0.20%
<b>98xx</b>	Oceli nikl-chrom-molybdenové s obsahem Ni 1.00%, Cr 0.80%, Mo 0.25%

### Příklady:

Ocel AISI 1340 (nebo SEA 1340) obsahuje 1,75 % Mn a 0,40 % C-uhlíku.

Ocel SEA 4042 obsahuje Ni 1.82%, Cr 0.50% - 0.80%, Mo 0.25% a 0,42 % C-uhlíku.

Ocel SEA 1055 je ocel uhlíková s obsahem C-uhlíku 0,55 %.

Tam, kde je třeba bližší specifikace, používáme pro identifikaci velká písmena:

- U ocelí dodávaných podle prokalitelnosti se na konec číselné značky připojí písmeno **H** (ve tvaru: xxxxH, např. ocel 1045H).
- Má-li se vyznačit, že ocel je vyrobena v elektrické peci, připojí se před číselnou značku písmeno **E** (ve tvaru: Exxxx).
- Oceli s přídatkem bóru jsou označeny tak, že mezi prvním a druhým dvojčíslím je vloženo písmeno **B** (ve tvaru: xxBxx, např. ocel 50B44).

- Oceli legované, stejného chemického složení, avšak s různým obsahem uhlíku, se označují stejně, na konci číselné značky se však připojí písmeno **A**, **B** nebo **C**.
- Oceli s extrémně sníženým obsahem uhlíku značíme **LC**, uhlík-C max. 0,03 % (ve tvaru xxxLC).

### 6.2.2 Konstrukční oceli UNS [10]

Značka ocelí v **UNS** systému začíná písmenem, za kterým je pětimístné číslo. Písmeno vyjadřuje kategorii slitiny. Pro celkovou orientaci je zde uvedena *kompletní* tabulka slitin pro specifikaci dle UNS (*tab. 6.2*)

*Tab.6.2 Význam velkých písmen dle UNS*

Označení dle UNS	Popis
<b>A</b> xxxxx	Hliník a slitiny hliníku
<b>C</b> xxxxx	Měď a slitiny mědi
<b>D</b> xxxxx	Oceli se zaručenými mechanickými vlastnostmi
<b>E</b> xxxxx	Vzácná zeminy a jim podobné kovy a slitiny
<b>F</b> xxxxx	Litiny
<b>G</b> xxxxx	<b>Nelegované a legované AISI a SEA oceli</b> (kromě nástrojových ocelí)
<b>H</b> xxxxx	AISI a SEA oceli se zaručenou kalitností
<b>J</b> xxxxx	Ocelolitina
<b>K</b> xxxxx	Různé oceli a slitiny železa
<b>L</b> xxxxx	Nízkotavitelné kovy a slitiny
<b>M</b> xxxxx	Neželezné kovy a slitiny
<b>N</b> xxxxx	Nikl a slitiny niklu
<b>P</b> xxxxx	Drahé kovy a slitiny
<b>R</b> xxxxx	Reaktivní a žáruvzdorné kovy a slitiny
<b>S</b> xxxxx	<b>Korozivzdorné oceli</b>
<b>T</b> xxxxx	Nástrojové oceli
<b>W</b> xxxxx	Svařovací materiál
<b>Z</b> xxxxx	Zinek a slitiny zinku

V případě nelegovaných a nízkolegovaných ocelí je číslo stejné jako v systému AISI-SEA s tím že na konec se přidá nula. **Tedy AISI 1340 je stejná ocel jako UNS G13400.**



---

### 6.3 Korozivzdorné a žárovzdorné oceli [9]

Oceli **korozivzdorné a žárovzdorné** jsou označovány trojmístným číslem, přičemž **první číslice** má význam dle *tab. 6.3*. **Druhá a třetí číslice** přímo nevyjadřuje procentuelní množství legujících prvků. Bližší specifikaci chemického složení, vlastnosti a použití pro další aplikace je nutno dohledat v materiálových listech.

*Tab. 6.3 Význam první číslice pro korozivzdorné a žárovzdorné oceli*

Označení	Přibližné chemické složení
1xx	Oceli chróm-mangano-niklové
2xx	Oceli chróm-mangano-niklové s dusíkem
3xx	Ocelí chróm-niklové
4xx	Oceli chrómové
5xx	Oceli chróm-molybdenové
6xx	Oceli chróm-niklo-molybdenové a chróm-molybdenové s dalšími prvky

#### Příklady:

Ocel AISI 316 (dle UNS S31600) se složením 17,5 % Cr, Ni 10 – 13 % . Patří do série 300 korozivzdorných ocelí (*tab. 6.2*)

Ocel AISI 410 (dle UNS S41000) se složením Cr 11,5 – 13,5 % .

### 6.4 Oceli na valivá ložiska

**Oceli na valivá ložiska** jsou označena pětímístným číslem, přičemž poslední tři číslice udávají střední obsah uhlíku v setinách procenta. Význam prvních dvou čísel je v *tab. 6.4*.

*Tab. 6.4 Význam prvních dvou čísel pro ocelí na valivá ložiska*

Označení	Přibližné chemické složení
50xxxx	Ocel na valivá ložiska s obsahem Cr 0,50 %
51xxxx	Ocel na valivá ložiska s obsahem Cr 1,00 %
52xxxx	Ocel na valivá ložiska s obsahem Cr 1,45 %

#### Příklady:

Ocel 50100 se složením Cr 0,50 % , C-uhlík 1,0 %.

Ocel 52100 se složením Cr 1,45 % , C-uhlík 1,0 %.

---

## 7. EKVIVALENTY NOREM K ČSN

### 7.1 Úvod do problematiky ekvivalentů

Při své práci na pozici technické podpory prodeje se setkávám s množstvím dokumentace z celého světa. Výkresy jsou různého stáří i kvality, co se týče zpracování. Z více jak poloviny případů chybí kusovníky pro dílce a materiály. Většinou je určena celková hmotnost a jakosti základních materiálů. Z těchto mnohdy kusých údajů musím určit cenu pro konečného zákazníka. Největší cenovou položkou vedle mezd (v závislosti na pracnosti) je samozřejmě materiál. Vzhledem k tomu, že technická dokumentace, respektive výkresy, pocházejí z různých zemí, tak i materiály včetně ocelí jsou podle jejich národních norem. Proto je třeba znát ty nejpoužívanější systémy značení ocelí a vědět, co který symbol či číslice znamená. Na základě těchto znalostí lze určit ekvivalent k ČSN, nověji dle EN. Samozřejmě je zde možnost zajištění oceli podle původního národního značení a někdy se tak stává. Zde je však problém s cenou. Například trubky ČSN v jakosti 15 020 vyrábí a dodává jen několik firem v České republice a na Slovensku (Železiarne Podbrezová). Tím, že si zúžím možnost potenciálních dodavatelů, je pravděpodobnost vyšší ceny. Jestliže poptám přes nákupčího konkrétně již výše zmíněné trubky v ekvivalentu EN jakosti 16Mo3 nebude problém se zajištěním materiálu a cena bude relativně dobrá. I když najdu v katalogu ekvivalent v EN značení, není to vždy záruka úspěchu. Výrobci hutních polotovarů vyrábí určitý stálý sortiment a při požadavku na jinou jakost ji při malém množství (do 10t) zpravidla nenabídnou. Proto je důležité, již při konstrukčním zpracování vybrat materiál nejen z hlediska technického, ale i obchodního. Jen při splnění těchto podmínek má firma větší šance obstát v tvrdém konkurenčním prostředí. O změnách, respektive použití ekvivalentů, je zákazník informován a musí vše písemně odsouhlasit.

### 7.2 Vlastnosti ekvivalentů

Ekvivalentní ocel nahrazuje jiný materiál z mnoha důvodů. Původní materiál se například nemusí již vyrábět, nebo ho nelze zajistit v požadovaném množství. Náhrada musí být rovnocenná a má mít stejné vlastnosti. Porovnáme-li dostupné materiálové listy a různé databáze jsou tyto požadavky v podstatě splněny.

---

**Mechanické vlastnosti** bývají v tabulkách uvedeny v minimálních a maximálních hodnotách. Rozdíl mezi například EN a DIN normami pro minimální mez kluzu  $R_e$  a mez pevnosti  $R_m$  je v řádech desítek megapascalů. Rozsah minimální a maximální meze pevnosti  $R_m$  u konkrétní jakosti 10CrMo9-10 činí až 170 MPa. Tažnost-A a kontrakce-Z má rozdíly dolních hranic v řádech jednotek procent a rozsah v rozmezí až 22 %. Tyto údaje lze ovlivnit také tepelným či mechanickým zpracováním .

Příklad dvojice:

- ČSN jakost 15020 má minimální mez kluzu určenou  $R_e = 270$  [MPa] a maximální není uvedena.
- EN jakost 16Mo3 má minimální mez kluzu určenou  $R_e = 280$  [MPa] a maximální není uvedena. [11]

Například materiál EN jakost 10CrMo9-10 má minimální povolenou hranici meze kluzu  $R_e = 310$  Mpa. Oproti tomu DIN jakost 10CrMo910 má minimální povolenou hranici meze kluzu  $R_e = 280$  Mpa. Při pevnostních výpočtech tlakových částí (trubkovnice, pláště, potrubí) jejichž výsledky se pohybují na dolní hranici meze kluzu je nebezpečí, že nebudou dodrženy potřebné parametry (mez tečení). Proto je třeba při přechodech mezi ekvivalenty uvažovat i s těmito rozdíly ve výpočtech.

**Chemické složení** ekvivalentních dvojic je opět v určité toleranci. Obsah prvků se uvádí v hmotnostních procentech. Z hlediska běžného strojírenského použití je rozdíl zanedbatelný (viz. příloha č.1). V případě dosažení rozdílných krajních hranic určitého prvku může docházet ke komplikacím. Jako příklad lze uvést tváření plechů v jakosti materiálu např. DC01. V případě plechů z různých taveb mohou mít tyto kusy i „podstatně“ rozdílná hmotnostní procenta prvků. Přestože je obsah chemických prvků v povoleném rozmezí, může rozdílný obsah např. uhlíku nebo chromu ovlivňovat tvárné síly. Po tváření (sružování, ohraňování) plechů mohou mít tyto jiné rozměry a je třeba dodatečné úpravy. U tohoto příkladu je ovšem nutno počítat i se směry vláken po válcování – tj. vliv struktury (viz. přílohy č.10 - č.21).

### 7.3 Ekvivalenty ocelí pro výrobu energetických zařízení

Databáze ocelí EN se stává pro praxi stále aktuálnější. Původní sortiment ocelí ČSN je podmnožinou ocelí EN. Vše směřuje k používání pouze systému Evropského značení. Podobné tendence sjednocování značení se projevují i v USA. K hledání ekvi-

valentů mezi jednotlivými systémy se používá různých převodních tabulek. Tyto ekvivalentní převodníky jsou k dispozici jak v tištěné papírové podobě, tak i jako software. Seznam se stále rozrůstá o nové materiály. S tím je spojena potřeba zoplatnění aktualizací firemních katalogů.

Kvalitní převodník ekvivalentů (např. Werkstoffschlüssel) je rozdělen do kapitol podle jednotlivých národních systémů značení. Např. značení ocelí dle ČSN je řazeno podle pravidel a zvyklostí této normy. K tomuto systému je jako ekvivalentní číslo přiřazeno číselné značení tzv. Werkstoffnummer (WNR.). Dle WNR. následně hledám v té kapitole (např. EN) pro kterou potřebuji ekvivalent k ČSN. U často používaných materiálů mohou být vypsány jednotlivé ekvivalenty přímo (*tab. 7.1*).

#### Příklad určení ekvivalentu:

- je třeba určit ekvivalent EN k oceli ČSN jakost **15 020**.
- v převodníku náleží této oceli číslo WNR. **1.5415**.
- v další kapitole najdu k WNR. 1.5415 v EN jakost **16Mo3**
- z toho vyplývá že ČSN jakost 15 020 má ekvivalent v EN jakost 16Mo3

Z důvodu preferovaného používání systému značení ocelí podle EN 10027-1 je tabulka (*tab. 7.1*) řazena podle této normy a ČSN je zde zobrazena na porovnání.

*Tab. 7.1 Příklady označení ocelí a jejich ekvivalentů s řazením EN* [22]

EN	WNR.	DIN	GOST	ASME	ČSN
<b>S235JR</b>	1.0038	RSt37-2	-	-	<b>11 375</b>
<b>S275JR</b>	1.0044	St44-2	-	-	<b>11 443</b>
<b>S355JR</b>	1.0045	-	-	-	<b>11 523</b>
<b>S355J0</b>	1.0553	St52-3 U	-	-	<b>11 523</b>
<b>S355J2W</b>	1.8963	WTSt52-3	-	-	<b>15 127</b>
<b>P235GH*</b>	1.0345	HI	10	-	<b>11 364</b>
<b>P235GH</b>	1.0345	St35-8	10	A556 ; Gr.A-2	<b>12 021</b>
<b>P265GH*</b>	1.0425	HII	16K	-	<b>11 416</b>
<b>P265GH</b>	1.0425	St45-8	20	A210 ; Gr.A-1	<b>12 022</b>
<b>P295GH*</b>	1.0461	17Mn4	14G2	A518 ; 1518	<b>13 030</b>
<b>P295GH</b>	1.0481	17Mn4	10G2	A106 ; Gr.C	<b>11 481</b>
<b>P355GH</b>	1.0570	19Mn6	17G1S17GS	-	<b>11 523</b>
<b>16Mo3</b>	1.5415	15Mo3	-	-	<b>15 020</b>
<b>13CrMo4-5</b>	1.7335	13CrMo44	15ChM	A213 ; T12	<b>15 121</b>
<b>10CrMo9-10</b>	1.7380	10CrMo910	10Ch2M	A213 ; T22	<b>15 313</b>
<b>X5CrNi18-10</b>	1.4301	X5CrNi1810	06Ch18N11	A304/A308	<b>17 240</b>
<b>X6CrNiTi18-10</b>	1.4541	X6CrNiTi1810	08Ch18N10T	A321/A321H	<b>17 248</b>
<b>DC01</b>	1.0330	St12	-	1008	<b>11 321</b>

Poznámka: označení s \* pokud je odlišné značení jakosti pro plechy (TDP, EN 10028-2)

---

**Většina ocelí EN vyvinutých pro moderní efektivní způsoby zpracování a využití již ekvivalenty v ČSN a jiných národních systémech nemá.**

#### **7.4 Alternativní způsob vyhledávání - varianty**

Může nastat případ, že ocel v dané národní normě ekvivalent EN nemá. Jak postupovat v tomto případě? Použijí alternativní jakost materiálu a tu zjistím tímto následujícím postupem, kde porovnávám jednotlivé hodnoty:

- 1) z materiálového listu si vypíši celkové chemické složení původního materiálu a hledám podobné složení např. v EN dle obsahu uhlíku-C a ostatních doprovodných prvků či legur (tato fáze z hlediska bezpečnosti se používá u méně náročných strojírenských výrobků),
- 2) pro nosné konstrukce je nutné posuzovat materiál kromě bodu 1. také dle zatížení; alternativní ocel posuzují také podle meze kluzu  $R_e$  a meze pevnosti  $R_m$ ; v některých případech je třeba použít pevnostní výpočty; alternativní materiál se volí zpravidla s lepšími mechanickými vlastnostmi než původní,
- 3) u tlakových částí jako jsou kotle, výměníky, kondezátory je třeba kromě 1. a 2. bodu použít složitějších výpočtů (např. metoda konečných prvků) a také zkoušky tečení za vyšších teplot (creepová zkouška). Jedná se o dlouhodobou tahovou zkoušku určující mez tečení v tahu za dané vyšší teploty (tažnost, kontrakci, dobu do lomu), která se vypočítá ze změřené křivky tečení, hodnota se vyjadřuje v MPa za např. 100 000 hodin ; alternativní materiál se volí vždy s lepšími vlastnostmi než původní; pro porovnání struktury se použije metalografie.

#### **7.5 Technické dodací podmínky pro materiály**

##### **Dokladování požadovaných vlastností hutních výrobků [24]**

Nezbytnou součástí každého materiálu tedy i oceli je i doklad o jeho vlastnostech. Jak je tato problematika řešena po novelizaci v souladu s evropskými standardy?

Dokladováním požadovaných vlastností hutních výrobků se zabývá **ČSN EN 10204** v kombinaci s **ČSN - TDP**. Do doby zpracování této EN do ČSN jsme používali pro dokladování vlastností a chemického složení názvy, jako předepsání atestace, podmínek pro přejímání a dodávání, nebo výběr zkoušek, hutní atest, hutní

osvědčení apod. Toto označení používáme i nadále, protože systém norem ČSN se v této oblasti zásadně liší od norem EN i norem světových. Naše ČSN - TDP (*technické dodací předpisy*) uvádí pro určitý výběr hutních polotovarů způsob přejímání a dodávání z uvedením kombinací požadavků na vlastnosti. Takže zpravidla platí, že první doplňková číslice za číslem normy TDP uvádí požadovaný, resp. předepsaný způsob přejímání a dodávání a druhá doplňková číslice uvádí výběr zkoušek.

Normalizační praxe podle EN 10204 je, že předmětové normy EN (zpravidla značky a technické požadavky) uvádí tzv. volitelné požadavky nebo tabulky, kde ke kombinaci volitelných požadavků je přiřazen určitý druh dokumentu kontroly podle EN 10204. V současné době již převládá **EN 10204** pro dokumentování vlastností hutních materiálů. **Zahraníční zákazníci tento dokument jednoznačně vyžadují.**

Dokument kontroly podle EN 10204 lze porovnat s ČSN 42 0009 (Hutní osvědčení). Seznam vybraných údajů, které se obvykle vyskytují v dokumentech o zkoušení materiálu ocelových výrobků, obsahuje norma označená **EuroNorm 168 (42 0007)**. Zde jsou podle druhu dokumentu uváděny údaje o provedených zkouškách a souvisejících náležitostech, a to podle jmenovitého označení jednotlivých skupin údajů.

Tab. 7.2 Přehled dokumentů kontroly

EN 10204 Odkaz	Popis typu dokumentu	Obsah dokumentu	Dokument potvrzuje
Typ 2.1	Prohlášení o shodě s objednávkou	Prohlášení o shodě s objednávkou	Výrobce
Typ 2.2	Zkušební zpráva	Prohlášení o shodě s objednávkou s uvedením výsledků zkoušek provedených na základě nespecifického zkoušení	Výrobce
Typ 3.1	Inspekční certifikát 3.1	Prohlášení o shodě s objednávkou s uvedením výsledků zkoušek provedených na základě specifického zkoušení	Oprávněný zástupce výrobce nezávislý na výrobních útvarech
Typ 3.2	Inspekční certifikát 3.2	Prohlášení o shodě s objednávkou s uvedením výsledků zkoušek provedených na základě specifického zkoušení	Oprávněný zástupce výrobce nezávislý na výrobních útvarech a buď oprávněný zástupce odběratele nebo inspektor stanovený v úředních předpisech

Uvedené druhy údajů jsou dále členěny v jednotlivých tabulkách. V dokumentu kontroly se pak v jednotlivých sloupcích a kolonkách místo slovního názvu uvede zkrácený název podle výše uvedených údajů.

## 7.6 Příklady porovnání norem pro ocel a výrobky ČSN – EN [12]

K jakostem ocelí je vždy nutno přiřadit odpovídající TDP (viz. příloha č.2) a rozměrovou normu (RN). Tyto určíme podle druhu výrobku či zařízení. Níže jsou uvedeny příklady porovnání náhrady za ČSN pro vystavení objednávky.

<b>11 523 (ČSN)</b>	<b>S355 (EN)</b>
---------------------	------------------

### Tyče válcované za tepla

Tab. 7.3 Tyče válcované za tepla

	<b>RN</b>	<b>TDP</b>	<b>RN</b>	<b>TDP</b>
<b>KR</b>	ČSN 42 5510	ČSN 42 0138	EN 10060	EN 10025-2
<b>4HR</b>	ČSN 42 5520	ČSN 42 0138	EN 10059	EN 10025-2
<b>PLO</b>	ČSN 42 5522	ČSN 42 0138	EN 10058	EN 10025-2

### Tyče tvarové

Tab. 7.4 Tyče tvarové

	<b>RN</b>	<b>TDP</b>	<b>RN</b>	<b>TDP</b>
<b>L rovnoram.</b>	ČSN 42 5541	ČSN 42 0135	EN 10056-1	EN 10025-2
<b>L nerovnoram.</b>	ČSN 42 5545	ČSN 42 0135	EN 10056-1	EN 10025-2
<b>I</b>	ČSN 42 5550	ČSN 42 0135	není	
<b>IPE</b>	ČSN 42 5553	ČSN 42 0135	není	
<b>U</b>	ČSN 42 5570	ČSN 42 0135	EN 10279	EN 10025-2
<b>UE</b>	ČSN 42 5571	ČSN 42 0135	není	
<b>UPE</b>	ČSN 42 5572	ČSN 42 0135	EN 10279	EN 10025-2

---

### **Plechý tenké válcované za tepla**

<b>Rozměry + TDP</b>	ČSN 42 5301 + ČSN 42 0118	EN 10051 + EN 10025-2
	ČSN 42 5308 + ČSN 42 0208	dtto

### **Plechý tlusté válcované za tepla**

<b>Rozměry + TDP</b>	ČSN 42 5310 + ČSN 42 0209	EN 10029 + EN 10025-2
	ČSN 42 5308 + ČSN 42 0208	EN 10029 + EN 10025-2

### **Tyče tažené**

<b>Rozměry + TDP</b>	ČSN 42 6510 + ČSN 42 0134	EN 10278 + EN 10277-1
	ČSN 42 6511	+ EN 10277-2
	ČSN 42 6520	+ EN 10277-3
	ČSN 42 6522	+ EN 10277-4
	ČSN 42 6530	+ EN 10277-5
	ČSN 42 6515	

EN zahrnují tyče tažené, loupané, broušené a leštěné

### **Trubky bezešvé tvářené za tepla nebo za studena a závitové**

<b>Rozměry + TDP</b>	ČSN 42 5715 + ČSN 42 0250	EN 10216 + EN 10216-1 až 4
	ČSN 42 5716 + ČSN 42 0251	EN 10297 + EN 10297
	ČSN 42 5720 + ČSN 42 0260	EN 10305 + EN 10305-1 až 4
	ČSN 42 6710 + dtto	dtto
	ČSN 42 6711 + dtto	dtto
	ČSN 42 6712 + dtto	dtto



---

ČSN 42 5710 + ČSN 42 0250      EN 10255 + EN 10255

ČSN 42 5711 +                      dtto                      Dtto

## 7.7 Údaje pro konstrukční dokumentaci a objednávání [25]

V konstrukční dokumentaci a v objednávce mají být uvedeny vždy potřebné údaje specifikující co nejpřesněji polotovary pro výrobu. Pro orientaci jsou tyto údaje níže vypsány na příkladě „tlustých“ plechů válcovaných za tepla.

**Povinné údaje**, které musí odběratel uvést v objednávce:

- množství (hmotnost nebo rozměry, popř. počet),
- název výrobku (plech) – PL,
- číslo rozměrové normy (EN 10029 nebo další podle nabídky dodavatele),
- značku oceli nebo číselné označení (podle EN 10025-2),
- dodávaný stav výrobku (+AR, +N nebo +M),
- číslo technických dodacích podmínek TDP (EN 10025-2 až -6),
- jmenovitou tloušťku v mm,
- požadovanou třídu úchylek (A, B, C nebo D),
- jmenovitou šířku × délku v mm,
- označení plechu s přírodními hranami po válcování písmeny NK,
- označení písmenem G při objednání přísnějších úchylek přímosti a pravoúhlosti,
- označení písmenem S při objednání přísnějších úchylek rovinnosti,
- druh dokumentu kontroly podle EN 10204.

---

**Volitelné údaje**, které musí odběratel uvést v objednávce:

- požadovaná přísnější třída mezních úchylek tloušťky (podle EN 10029),
- omezené tolerance rovinnosti (podle EN 10029),
- výrobní způsob oceli,
- rázové vlastnosti při dohodnuté teplotě,
- vhodnost výrobku pro žárové pozinkování ponorem (zpravidla třídu 3 podle EN 10025-2 až 6),
- ploché výrobky tloušťky  $\geq 6$  mm kontrola vnitřních vad (podle EN 10160),
- kontrola jakosti povrchu (podle EN 10163),
- omezený obsah mědi (pro svařované výrobky na max. 0,40 v rozboru tavby).

**Příklad :**

*Slovní vyjádření* – 10 tun plechu válcovaného za tepla, s povrchem okujeným podle EN 10029 s mezními úchytkami tloušťky A, z oceli S235 se zárukou chemického složení, mechanických vlastností, uhlíkového ekvivalentu (CEV), rázové houževnatosti (KV) při 0°C s omezeným obsahem mědi a s dokumentem kontroly 3.1 se označí:

10 tun plechu EN 10029 – 10 A x1500x3500 ocel EN 10025-2 – S235J0 – EN 10204-3.1 s max. obsahem Cu 0,40% v tavbě

nebo pro ohýbání (za značkou oceli přídatný symbol C)

..... plech EN 10029 – 10 A x1500x3500 ocel EN 10025 – S235J0C – EN 10204-3.1

Požadujeme-li kontrolu jakosti povrchu předepíšeme podle EN 10163 -1 a -2 jakostní třídu a podtřídu.

**Požadujeme-li kontrolu vnitřních vad (UZ zkouška) předepíšeme podle EN 10160 třídu přípustnosti.**

---

## 8. ZKOUŠKY PROVÁDĚNÉ PŘI VÝROBĚ ENERGETICKÝCH ZAŘÍZENÍ

Účelem provedení zkoušek je odhalit druh, velikost a množství vad v daném materiálu či výrobku. To platí i pro výrobu energetických zařízení. Jednotlivé zkušební metody mají své přednosti a nevýhody. Proto je důležitá správná volba metody, popřípadě se volí metod několik. Typ a rozsah zkoušek je určen příslušnou normou výrobku, nebo je stanoven výrobcem, případně o něm rozhodne zákazník-odběratel.

### Základní rozdělení zkoušek:

- **Nedestruktivní**

Při těchto zkouškách nedochází k porušení materiálu.

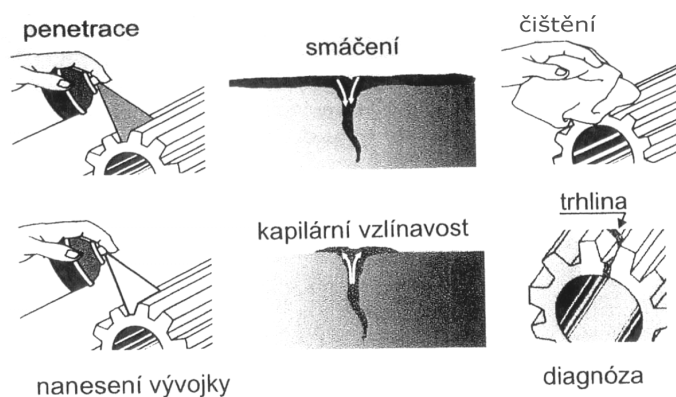
- **Destruktivní**

Při těchto zkouškách dochází vždy k porušení materiálu. Zkoušky se provádí buď na kontrolních vzorcích.

### 8.1 Nedestruktivní zkoušky

#### Kapilární zkouška PT (prováděcí - ČSN EN 571-1, hodnotící – ČSN EN 1289-1)

Podstatou metody je použití detekční kapaliny se schopností pronikat do jemných kapilár. Zjišťují se tak povrchové vady, zejména trhliny. Použití pro svary a odlitky.



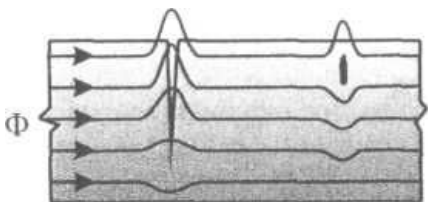
Obr. 8.1 Postup kapilární zkoušky

[16]

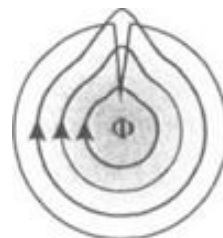
---

### **Magnetická zkouška MT** (prováděcí - ČSN EN 1290 , hodnotící – ČSN1291)

Výrobek se zmagnetuje a vzniklé magnetické siločáry se deformují při obtékání případné vady. Deformované siločáry se zviditelní při polití povrchu detekční kapalinou s přísadou železného prášku. Zkouška je vhodná pro zjišťování povrchových a těsně podpovrchových vad, zejména trhlin.



*Obr. 8.2 Rozptylové magnetické pole nad defektem.  
Příčně orientovaná povrchová  
trhlina a podpovrchový defekt*



*Obr.8.3 Rozptylové magnetické pole nad defektem.  
Podélně orientovaná povrchová  
trhlina* [16]

### **Zkouška vířivých proudů ET** (ČSN EN 10246-3)

Metoda je založena na působení vnějšího střídavého magnetického pole na zkoušené těleso (trubka, svar), v němž jsou buzeny vířivé proudy. Vady povrchových vrstev vodivost lokálně zhoršují, což se zpětně projeví změnou elektrického napětí na cívce. Zkouška nachází uplatnění zejména při vstupní a výstupní kontrole výrobců trubek. Její významnou předností je možnost úplné **automatizace** zkušebního provozu [16].

### **Vizuální zkouška VT** (prováděcí - ČSN EN 970 , hodnotící – ČSN EN 5817)

Prohlídka se provádí zrakem, popř. s pomocí lupy, měrek, endoskopu a pod. Nejčastěji používaná zkouška slouží na zjišťování a vyhodnocování povrchových vad svarů.

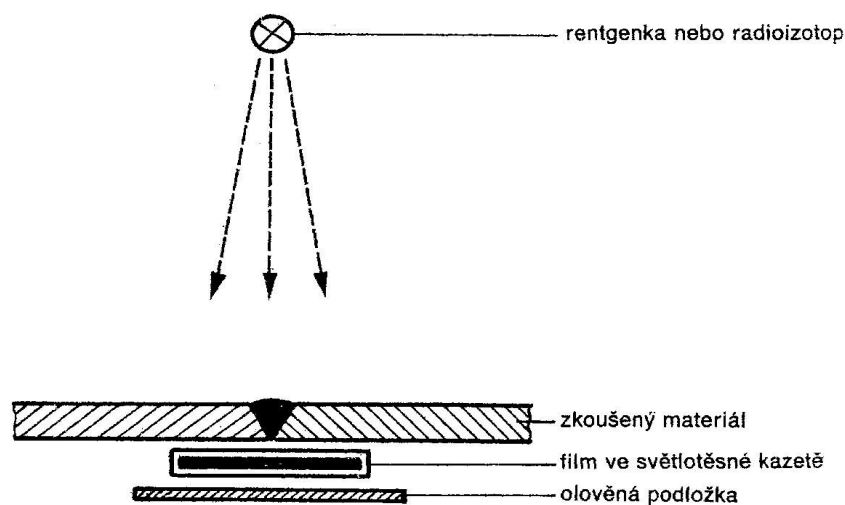
### **Zkouška ultrazvukem UT** (prováděcí - ČSN EN 1714, hodnotící - ČSN EN 1712)

Podstata zkoušky je založena na možnosti šíření ultrazvukových vln pevným prostředím a schopnosti těchto vln odrážet se od rozhraní prostředí. Zařízení se skládá z vysílací a přijímací sondy a z defektoskopu, na jehož obrazovce se zobrazují zjištěné vady. Zkouškou hledáme zejména vnitřní plošné vady (trhliny a studené spoje svarů). Používá se na tlusté plechy náchylné na zdvojení vrstev (ČSN EN 10160) a u trubek na kontrolu podélné celistvosti (ČSN EN 10246-7). [14]

---

### **Zkouška prozářením RT** (*prováděcí - ČSN EN 1435, hodnotící – ČSN EN 12517*)

Podstata zkoušky je založena na pohlcování rentgenového nebo gama záření při pronikání tuhými látkami a schopnosti působit na fotografický materiál. Po prozáření a zpracování filmu (radiogramu) získáváme důkaz o velikosti, množství a umístění vad ve svarovém spoji. Zkouškou se zjišťují zejména vnitřní prostorové vady (póry, bubliny, vměsky) u svarových spojů tlakových nebo nosných částí energetických zařízení (PBS Industry, a. s) [23].



Obr.8.4 Zkouška prozářením

### **Zkouška těsnosti LT**

Provádí se u nádob, potrubí nebo kotlů. Principem je zvýšení tlaku v nádobě nebo potrubí prostřednictvím média (voda, olej, vzduch). K zvýšení tlaku se použije čerpadlo nebo pumpa. Běžně se používá 1,5 násobek provozního tlaku. Po určitou stanovenou dobu se sleduje tlak a případný pokles signalizuje netěsnost.

## **8.2 Destruktivní zkoušky**

### **Zkouška rozlomením** (*prováděcí - ČSN EN 1320*)

Zkušební kus se opatří vrubem tak, aby k rozlomení došlo v požadovaném místě a následně se rozlomí. Je to často používaná a jednoduchá zkouška na zjišťování vnitřních vad svarových spojů.

---

### **Zkouška tahem** (ČSN EN 10002-1, ČSN EN 895)

Podstatou zkoušky je plynulé tahové zatěžování zkušební tyče až do přetržení. Zkouškou se zjišťují mechanické vlastnosti materiálu nebo svarového spoje, především mez pevnosti, mez kluzu a tažnost.

### **Zkouška rázem v ohybu** (prováděcí - EN 10 045-1 a ČSN EN 875)

Zkouška spočívá v přeražení zkušební tyče jedním rázem pomocí kyvadlového kladiva. Zkušební tyč se opatří vrubem předepsané velikosti a tvaru. Měří se práce potřebná k přeražení zkušební tyče. Zkouškou se zjišťuje odolnost materiálu proti rázovému namáhání za určité teploty.

### **Zkouška tvrdosti** (ČSN EN 6506-1, ČSN EN 6507-1, ČSN EN 1043-1,2)

Nejčastěji se používá zkouška dle Brinella nebo Vickerse. Zkouška se provádí za účelem zjištění hodnot tvrdosti materiálu např. zpracovaného kalením (ozubená kola) a také pro posouzení tvrdosti svarů. [13]

### **Zkouška makrostruktury a mikrostruktury** (ČSN EN ISO 643)

Metalografie slouží k hlubší kontrole struktury materiálů. Analyticky hodnotí vnitřní stavbu kovů a slitin. Zprostředkovává zviditelnění struktury materiálu a následné hodnocení pomocí optického či elektronového mikroskopu. Umožňuje porovnání ekvivalentů a variantů ocelí z hlediska struktury.



Obr. 8.5 Schéma přípravy metalografického výbrusu [18]

---

## 9. OVĚŘENÍ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ VYBRANÝCH DVOJIC MATERIÁLŮ VČETNĚ METALOGRAFIE

### 9.1 Zajištění dvojic

Pro zajištění vzorků nutných na provedení experimentálního ověření mechanických hodnot a metalografie jsem nejdříve prozkoumal skladovou databázi firmy, ve které pracuji (<http://www.pbstre.cz/>). Tento seznam materiálů je uložen v softwarovém systému SAP a obsahuje tisíce položek. Přes velké úsilí a konzultace s pracovníky skladu hutního materiálu se podařilo získat jen silně omezený seznam tří ekvivalentních dvojic jakostí ocelí. Tyto dvojice nemají taktéž stejné rozměry, které předepisuje norma pro tahovou zkoušku (ČSN EN 10002-1).

Případné nakoupení materiálu pro vzorky v hutních prodejnách se ukázalo jako ekonomicky a časově neúnosné. Na jeden vzorek z plechu o síle např. 3 mm by bylo nutné zakoupit celý formát 1,5×3 m. Náklady na tuto tabuli v jakosti 16Mo3 při ceně 30 Kč/kg činí 3240 Kč. Menší formáty jsou zpravidla jen pro nerezové materiály. Plocháče a trubky jsou dodávány pouze v 5 m až 7 m výrobních délkách. Některé uvažované ekvivalenty nejsou skladem a doba dodání od objednání bývá 3-5 týdnů.

Další možnou cestou bylo získání podkladů z externích zdrojů. Kontaktoval jsem veškeré katedry vysokých škol se zaměřením na materiálové inženýrství. Dále byli osloveni výrobci hutních výrobků jak v České republice, tak i na Slovensku. Nakonec zbylo požádat veškeré akreditované zkušebny a výzkumné ústavy. Přes cenné rady a kontakty se vyhovující údaje nepodařilo zajistit.

Po konzultaci s členy Katedry materiálů TU – Liberec jsem přistoupil k provedení tahových zkoušek a metalografie na získaných třech dvojicích ekvivalentních materiálů. Výstupní hodnoty těchto destruktivních zkoušek a metalografie plní tedy funkci informativní. Primárním důvodem neporovnatelnosti hodnot dvojic jsou rozdílné rozměry zkušebních vzorků. Jejich malý počet může vést též ke zkreslení hodnot.

### 9.2 Výběr dvojic

Pro ověření mechanických hodnot včetně provedení metalografie jsem vybral **tři dvojice ekvivalentů** (tab. 9.1). Dvojice jsou značeny v systému původní DIN a dle

nyní aktuálního systému EN. Právě oceli EN se nejvíce používají při výrobě energetických zařízení jako jsou **tlakové části** kotlů, výměníky, kondenzátory a ohříváky.

Tab. 9.1 Tabulkové hodnoty chem. složení a mech. vlastností vybraných dvojic [19]

Jakost a stav tepelného zpracování	Chemické složení								Mechanické vlastnosti		
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Re [MPa]	Rm [MPa]	A [%]
<b>16Mo3+N</b>	min.	0,12	0,15	-	-	-	-	0,35	280	450	22
	max.	0,20	0,35	0,80	0,03	0,025	-	0,40	-	600	-
<b>15Mo3-N</b>	min.	0,12	0,10	-	-	-	-	0,35	270	450	22
	max.	0,20	0,35	0,80	0,035	0,035	-	0,40	-	600	-
<b>13CrMo4-5+NT</b>	min.	0,10	0,15	-	-	-	0,70	0,40	290	440	22
	max.	0,17	0,35	0,70	0,03	0,025	1,10	0,65	-	590	-
<b>13CrMo44-N</b>	min.	0,10	0,10	-	-	-	0,70	0,40	290	440	22
	max.	0,18	0,35	0,70	0,035	0,035	1,10	0,65	-	590	-
<b>10CrMo9-10+NT</b>	min.	0,08	-	-	-	0,010	2,00	0,40	310	480	18
	max.	0,14	0,50	0,80	0,03	0,025	2,50	1,10	-	630	-
<b>10CrMo910-N</b>	min.	0,08	-	-	-	-	2,00	0,40	280	450	20
	max.	0,15	0,50	0,70	0,035	0,035	2,50	1,20	-	600	-

### 9.3 Praktické provedení tahové zkoušky [17]

Pro ověření mechanických hodnot byla použita *zkouška tahem*. Jedná se o metodu s porušením materiálu, tedy o **metodu destruktivní**. Specifikace této metody je určena normou ČSN EN 10002-1. Nedílnou součástí je protokol o zkoušce (příloha č.9).

Zkušební protokol musí obsahovat alespoň následující informace:

- odkaz na tuto normu: EN 10002-1;
- identifikaci zkušební tyče;
- specifikaci materiálu, je-li známa;
- druh zkušební tyče;
- polohu a směr odběru zkušebních tyčí, jsou-li známy;
- teplota při které je zkouška prováděna;
- zkušební výsledky.



---

**Zkoušky tahem** byly provedeny na hydraulickém trhačím stroji, který se skládá z vlastního stroje, měřicího a registračního zařízení. Vzorky pro zkoušky definovaných rozměrů byly upnuty do čelistí trhačím stroje. Po spuštění stroje se čelisti začaly pomocí variátoru od sebe plynule oddalovat rychlostí  $6 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ . Teplota okolí byla naměřena  $22^\circ\text{C}$ . Při pohybu příčnicku došlo k postupnému zatěžování a deformaci zkušebních těles v tahu. Registrační zařízení zapisovalo pomocí pracovních diagramů (viz. přílohy č. 3.až č.8) průběh zkoušky resp. její hodnoty až do přetržení vzorků. Po dosazení naměřených hodnot do příslušných vzorců byly provedeny potřebné výpočty. Výsledky pro jednotlivé vzorky se zanesly do příslušných tabulek a do celkového protokolu o zkouškách (viz. příloha č. 9).

#### **Použité vzorce pro výpočet hodnot:**

**Mez pevnosti  $R_m$**  je smluvní hodnota napětí daného podílem největší zatěžující síly  $F$ , kterou snese zkušební tyč, a původního průřezu zkušební tyče  $S_0$ :

$$R_m = F_{\max} / S_0 \quad [\text{MPa}] \quad (1)$$

**Mez kluzu  $R_e$**  je napětí při němž začíná vzniká plastická deformace. Pokud je mez kluzu nevýrazná, zavádíme tzv. **smluvní mez kluzu  $R_{p0,2}$** , což je napětí, které vyvolá plastickou (trvalou) deformaci o velikosti 0,2% z původní délky  $L_0$ .

$$R_e = F_e / S_0 \quad [\text{MPa}] \quad (2)$$

**Tažnost  $A$**  je poměr prodloužení měřené délky tyče po přetržení  $L_U$  k počáteční měřené délce  $L_0$  vyjádřený v %. Spolu s tažností je uváděn index, který charakterizuje délku zkušební tyče ( $A_5$ ,  $A_{10}$ ,  $A_{80}$ ). Vypočítá se dle vztahu:

$$A_x = 100 \times (L_U - L_0) / L_0 \quad [\%] \quad (3)$$

**Kontrakce (zúžení)  $Z$**  je poměr rozdílu počátečního  $S_0$  a nejmenšího průřezu  $S_U$  zkušební tyče po přetržení k počátečnímu průřezu vyjádřený v %. Vypočítá se dle vztahu:

$$Z = 100 \times (S_0 - S_U) / S_0 \quad [\%] \quad (4)$$

**Plošný průřez  $s$**  - zkušební tělesa – vzorku:

$$s_i = b_i \times a_i \quad [\text{mm}^2] \quad (5)$$

---

Poznámka: (viz. příloha č.3 až č.8)

body F1, F2 definují rovinou část (přímku) křivky a v této části diagramu je prodloužení přímo úměrné napětí (Hookův zákon). Nerovnosti některých křivek diagramů mimo mez kluzu jsou způsobeny nedostatečnou tuhostí čelistí svírajících vzorky.

#### 9.4 Metalografie – praktické provedení

Potřebné vzorky pro provedení metalografického rozboru byly odebrány pomocí rozbrušovací brusky. Aby při řezání nedošlo vlivem teploty ke změně struktury materiálů, muselo být místo řezu dostatečně chlazeno emulzí. Lepší manipulaci s malými částmi umožnilo následné **zalití** do metalografické zalévací hmoty

LECO (<http://www.leco.cz>).



Obr.9.1 Brusky pro metalografii

Pro **zabroušení a leštění** povrchu vzorků na brusce se použily brusné papíry (drsnost 220, 600, 1000) a lešticí diamantové pasty (6 a 3 mikronů).

Poslední fáze přípravy spočívala v **naleptání** povrchu. Byl použit 2% roztok NITAL, což je roztok kyseliny dusičné v methanolu (30 ml konc. kys. dusičné + 470 ml methanolu). Po poleptání se omyl povrch vodou, pak opakovaně methanolem.

Pro **pozorování struktury** povrchu vzorků takto připravených vzorků se použil mikroskop Neophon 32 spolu s digitálním fotoaparátem Olympus. Fotoaparát zajistil obrazovou dokumentaci pro vyhodnocení povrchů (viz. přílohy č.10 - č.21).



Obr. 9.2 Mikroskop Neophon 32

Příprava zkušebních vzorků a posuzování struktury a velikosti zrn proběhla dle normy ČSN EN ISO 643. Velikost zrn byla

---

stanovena metalografickým zkoumáním vyleštěného výbrusu porovnáním s normovaným zobrazením pro měření velikosti zrna. Číslo  $G$  je odvozené ze středního počtu zrn zjištěného na ploše  $1\text{ mm}^{-2}$  výbrusu vzorku. Světlá místa na snímcích značí ferit, tmavá struktura přítomnost bainitu (viz. příloha č.10 až č.21).

## 9.5 Vyhodnocení

Vybrané dvojice ekvivalentů spadají svým složením do skupiny nízkolegovaných a ušlechtilých konstrukčních ocelí v ČSN do třídy 15. U EN značení náleží do kategorie ocelí pro tlakově namáhané nádoby a zařízení, pracující za normálních i zvýšených teplot. Tyto plechy se dodávají zpravidla ve stavu normalizačně žíhaném, příp. normalizačně žíhaném a popuštěném.. Jsou vhodné pro práci za zvýšených teplot (do teploty  $530\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Vyrábí se z nich ploché výrobky, tyče za tepla válcované, bezešvé trubky, výkovky. Ocel je zaručeně svařitelná.

Při porovnání mechanických hodnot uvedených v materiálových listech s hodnotami vzorků (viz. příloha č.3 až č.8) vyplývá :

- Mez kluzu  $R_{eH} / R_{p0,2}$  je u vzorků o 50% vyšší než je minimální hodnota. V tabulkách je minimum pro mez kluzu uvedeno v hodnotě 270-280 MPa [22].
- Pět vzorků se pohybuje v rozsahu povolených hodnot určených pro pevnost v tahu. Vzorek jakosti 13CrMo4-5+NT překračuje maximální hodnotu meze pevnosti  $R_m$  o 18 MPa.
- tažnost  $A_5$  je vyšší o 30% oproti minimální tabulkové hodnotě.

Na metalografických snímcích (viz. příloha č.10 až č.21) je u pěti vzorků struktura feriticko – bainitická s velikostí zrna  $G = 7 - 8$ . U materiálu jakosti 10CrMo9-10+NT je struktura martenziticko – bainitická a velikost zrna je  $G = 3$ . Z přítomnosti martenzitu ve struktuře předpokládám, že daný materiál prošel jiným tepelným zpracováním, než je uvedeno v materiálovém listu.

Z výsledků provedených zkoušek vyplývá, že vzorky mají lepší mechanické vlastnosti v porovnání s minimálními hodnotami v materiálových listech. Shoda mezi ekvivalentními dvojicemi není taková jakou jsem předpokládal, přesto splňují požadavky na daný materiál v plném rozsahu.

---

## 10. DISKUZE VÝSLEDKŮ

Nejprve bylo nutné seznámit se s principy jednotlivých systémů značení. Ekvivalentní dvojice ocelí musí mít podobné mechanické vlastnosti, chemické složení a strukturu. Z těchto hodnot se určují odpovídající ekvivalentní dvojice materiálů. Při praktickém porovnávání jednotlivých dvojic jsem si vytýčil za cíl do jaké míry je tato shoda pravdivá.

Hodnoty mezí pevnosti a kluzu včetně tažnosti lze považovat za shodné a odpovídající daným jakostem materiálů. Je zde určitý rozdíl v povolených tolerančních mezích. Tento rozptyl má několik důvodů. Za nejpodstatnější považuji to, že se nepodařilo zajistit rozměrově stejné vzorky pro provedení tahové zkoušky. Je zřejmé, že při různých plošných průřezech i délkách došlo ke zkreslení hodnot. Vzhledem k omezené množství vzorků nebylo možno vyloučit rozpoznání možné chyby při zkouškách. Při větším počtu kusů se dalo použít zprůměňování výsledků hodnot s vyloučením odchylek.

Dalším důvodem je rozdílné tepelné zpracování druhé a třetí dvojice materiálů. Zatímco tyto vzorky v EN jsou normalizačně žíhány a popuštěny, vzorky dle DIN jsou „pouze“ normalizačně žíhány.

Přes tyto nedostatky se naměřené parametry v porovnání s hodnotami v materiálových listech shodují a jsou v daném rozsahu. Z konzultací s dodavateli hutních polotovarů a s doc. Václavem Mentlem (Západočeská univerzita v Plzni) jsem došel k poznání, že se mechanické hodnoty liší i mezi jednotlivými tavbami stejné jakosti a to v řádech desítek megapascalů. Tyto rozdíly jsou samozřejmě opět omezeny určitou tolerancí.

Z rozboru metalografických snímků pořízených digitálním fotoaparátem byla pozorováním určena struktura u pěti vzorků feriticko – bainitická a u jednoho martenziticko - bainitická. Je zde patrná řádkovitost. Z porovnání snímků dvojic lze vyvodit pouze určitou podobnost. Pro kvalitnější průkaznost struktury by bylo vhodné porovnat snímky s etalonovými (vzorovými) pro danou jakost a druh (tvar) ocelového vzorku.

---

Chemické složení ekvivalentních dvojic bylo možno porovnat dle materiálových listů. V těchto listech je složení slitiny určeno minimálním a maximálním obsahem pro jednotlivé prvky. Největší rozptyl pro horní hranici legujících prvků je mezi EN jakostí 10CrMo9-10 k DIN jakosti 10CrMo910. Tato slitina dle EN má o 0,1 hmotnostní procento povolený větší obsah Mn-manganu oproti DIN materiálu. Důležitý rozdíl v dvojicích obecně byl zjištěn u fosforu a síry. Maximální množství těchto prvků je o 0,01 hmotnostních procent vyšší pro ocel vyráběnou dle DIN. Přitom fosfor a síra jsou zpravidla považovány za nežádoucí prvky.

Praktické ověření shody mechanických hodnot pomocí tahové zkoušky a metalografie dvojic ekvivalentů nevedlo k jednoznačným výsledkům. Porovnání jejich hodnot je proto pouze orientační. Důvodem byla již zmíněná nemožnost zajistit potřebné vzorky stejných rozměrů a dostatečného množství. Přes velké úsilí se nepodařilo získat tyto oceli popřípadě hodnoty ze zkoušek ani z externích zdrojů. Z toho lze vyvodit důležitý poznatek, jak problematické je zajistit konkrétní ekvivalentní slitinu zvláště v malém množství. Reálné porovnání hodnot lze provést pouze ve firmě s dostatečným materiálovým a technickým zázemím. Další možností by bylo některé ze specializovaných pracovišť vysokých škol, které by tyto dvojice materiálů získaly.

Systém značení ocelí podle ČSN normy považuji za přehledný a dostatečně informativní. Vzhledem k použití ve starší technické dokumentaci se k němu denně vracíme. Porovnáváme jej často k ostatním národním systémům, protože vlastnosti jednotlivých druhů oceli jsou stále v živé paměti.

U značení dle EN používáme řazení podle použití. Hledá-li konstruktér materiál pro výrobu tlakových částí použije skupinu P, potřebuje-li konstrukční, použije skupinu S. Navíc u evropského značení udává trojčíslí za prvním písmenem minimální mez kluzu  $R_e$ . Tato hodnota je pro technika důležitější, než v ČSN třídě 10 až 11 uvedená mez pevnosti  $R_m$ .

Znalost značení ocelí dle ČSN a ostatních národních norem považuji v současné době za nutné. Stejně tak schopnost vyhledávání ekvivalentů a variant. Vývoj však jednoznačně vede k používání jednoho popřípadě dvou systémů značení u ocelí i u ostatního technického materiálu. Budoucnost patří systému EN a myslím, že je to cesta správným směrem.

---

## 11. ZÁVĚR

Předložená bakalářská práce popisuje problematiku spojenou se značením ocelí a hledáním jejich ekvivalentů nebo variant. Porovnává mechanické vlastnosti a strukturu jednotlivých materiálů. Určeny jsou také nejdůležitější zkoušky nutné pro výrobu energetických zařízení. Práce se zaměřuje na výrobní program PBS Industry a. s. Třebíč. Skládá se ze dvou částí, teoretické a praktické. Obě části se navzájem prostupují.

V uceleném souboru je zde uveden přehled o systémech značení nejčastěji používaných národních a sjednocujícím značení dle EN. V jednotlivých částech je popsána struktura značek i význam číslic a písmen. Doplněna je symbolika tepelného a mechanického zpracování. Pro názornost se u každého systému uvádí příklady značení jakostí materiálu a na nich je vše vysvětleno. Údaje jsou přehledně seřazeny a případný zájemce se v nich snadno orientuje.

Jedna z kapitol se zaměřuje na problematiku hledání ekvivalentů. Popisuje současný stav vycházející z praxe a určité postupy a rady, jak zde zefektivnit práci konstruktéra i nákupčího. Na příkladu je vysvětlen postup hledání ekvivalentu pomocí číselného značení tzv. Werkstoffnummer (WNR.). Jsou oceli, které však ekvivalent nemají. Proto je uveden způsob jak najít alternativní materiál splňující potřebné požadavky. Aby byly informace potřebné k objednání materiálu kompletní, je připojena část o dokladování požadovaných vlastností hutního materiálu dle ČSN EN 10204 včetně TDP. Upozorňuji na důležitost ekonomické stránky výběru oceli. Z praxe vím, jak nákladné může být objednání materiálu s chybějícím tepelným zpracováním nebo špatně zvoleným ekvivalentem. Ztráty lze vyčíslit v řádu stovek tisíců korun v závislosti na množství tun.

Orientace v jakostech ocelí a jejich ekvivalentech však nestačí. Již při objednávání materiálu - polotovarů je důležité, aby konstruktér ve spolupráci s pracovníky řízení jakosti předepsal i veškeré potřebné zkoušky. Proto se další část věnuje stručnému

---

popisu nejčastěji používaných nedestruktivních i destruktivních metod kontroly materiálu včetně uvedení zkoušek během výroby.

Praktická část se zaměřuje na ověření mechanických hodnot vybraných dvojic ekvivalentů. Získané hodnoty jsou porovnávány mezi dvojicemi vzorků a k parametrům v materiálových listech. Hodnocení je včetně chemické složení. To vše je doplněno metalografickým rozbořem. Je zde nastíněna problematika získání ekvivalentních dvojic pro ověření včetně možného řešení.

I přes problémy se zajištěním vzorků podává tato bakalářská práce v ucelené formě přehled o systémech značení ocelí, hledání ekvivalentů a celkovém postupu při objednání materiálu. Vše je orientováno na výrobní sortiment PBS Industry a.s., ale vzhledem k širokému rozsahu lze údaje použít v celé strojírenské oblasti. V praxi může být nápomocná především technickým pracovníkům středních a malých firem se zaměřením na kusovou a malosériovou výrobu.

---

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] FERONA, a.s: Sortimentní katalog značení ocelí.
- [2] ČSN EN 10020 (42 0002): Číselné označování a rozdělení ocelí ke tváření, červenec 2001.
- [3] ČSN EN 10027-1 (42 0011): Systémy označování ocelí – Část 1, duben 2006.
- [4] ČSN EN 10027-2 (42 0012): Systémy označování ocelí – Část 2, březen 1995.
- [5] BRÜTSCH/RÜEGGER AG: Einteilung und Bezeichnungssystem der Stähle, 2009.
- [6] Kulhánek, F.: Konstrukční oceli československé a zahraniční, SNTL 1970.
- [7] DIN 17100: TDP - Konstrukční oceli pro všeobecné účely, 1980.
- [8] Dostupný na WWW: <[http://en.wikipedia.org/wiki/SAE\\_steel\\_grades](http://en.wikipedia.org/wiki/SAE_steel_grades)>.
- [9] Fűrbacher, Macek, Steidl: Lexikon technických ocelí, Verlag Dashöfer 2002.
- [10] Dostupný na WWW: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Unified\\_numbering\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Unified_numbering_system)>.
- [11] Bohdan Bolzano, s.r.o: Technická příručka.
- [12] FERRUM PLZEŇ, s.r.o : Technická normalizace, duben 2008.
- [13] Molliková, E.: Zkoušení materiálů a výrobků.
- [14] Skrbek, B.: Materiály pro konstrukční aplikace, 2009.
- [15] Hluchý, M. - Kolouch, J.: Strojírenská technologie, 1999.
- [16] Dostupný na WWW: <[www.ndt.cz](http://www.ndt.cz)>.
- [17] ČSN EN 10002-1 (42 0310): Kovové materiály – Zkoušení tahem – Část 1, únor 2002.
- [18] Dostupný na WWW: <<http://www.vscht.cz/met/>>.
- [19] UnionOcel, s.r.o: Skladový program. Dostupný na WWW: <[www.unionocel.cz](http://www.unionocel.cz)>.
- [20] Leinveber, J. - Vávra, P.: Strojnické tabulky, Albra 2006
- [21] Dostupný na WWW: <<http://ime.fme.vutbr.cz/umvi.html>> .
- [22] Dostupný na WWW: <<http://www.zelpo.sk/zelpo/homezp.nsf>>.
- [23] Bothe, O.: Strojírenská technologie II, Sobotáles 1999
- [24] Oboňa, J. - Skopal, J.: časopis MM Průmyslové spektrum, únor 2004
- [25] Oboňa, J.: Evropské oceli v technické praxi, ÚNMZ



---

## PŘÍLOHY

Příloha	Název	Strana
č.1	Chemické složení dvojic ekvivalentů ČSN a EN	62
č.2	TDP plochých výrobků	63-64
č.3	Diagram průběhu zkoušky v tahu a tab. hodnot 16Mo3+N	65
č.4	Diagram průběhu zkoušky v tahu a tab. hodnot 15Mo3-N	66
č.5	Diagram průběhu zkoušky v tahu a tab. hodnot 13CrMo4-5+NT	67
č.6	Diagram průběhu zkoušky v tahu a tab. hodnot 13CrMo44-N	68
č.7	Diagram průběhu zkoušky v tahu a tab. hodnot 10CrMo9-10+NT	69
č.8	Diagram průběhu zkoušky v tahu a tab. hodnot 10CrMo910-N	70
č.9	Souhrn hodnot – protokol o zkoušce	71
č.10	Metalografie - jakost 16Mo3+N ; 200 × zvětšeno	72
č.11	Metalografie - jakost 15Mo3-N ; 200 × zvětšeno	73
č.12	Metalografie - jakost 16Mo3+N; 500 × zvětšeno	74
č.13	Metalografie - jakost 15Mo3-N; 500 × zvětšeno	75
č.14	Metalografie - jakost 13CrMo4-5+NT; 200 × zvětšeno	76
č.15	Metalografie - jakost 13CrMo44-N; 200 × zvětšeno	77
č.16	Metalografie - jakost 13CrMo4-5+NT; 500 × zvětšeno	78
č.17	Metalografie - jakost 13CrMo44-N; 500 × zvětšeno	79
č.18	Metalografie - jakost 10CrMo9-10+NT; 200 × zvětšeno	80
č.19	Metalografie - jakost 10CrMo910-N; 200 × zvětšeno	81
č.20	Metalografie - jakost 10CrMo9-10+NT; 500 × zvětšeno	82
č.21	Metalografie - jakost 10CrMo910-N; 500 × zvětšeno	83

## Příloha č.1

*Příloha č.1 - chemické složení dvojic ekvivalentů ČSN a EN*

[11], [19]

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	Cu	-
<b>11 375</b>	≤ 0,17	-	-	0,045	0,045	-	-	-	-	-	-
<b>S275JR</b>	≤ 0,17	-	1,40	0,035	0,035	-	-	-	-	≤ 0,55	-
<b>11 443</b>	≤ 0,21	-	-	0,045	0,045	-	-	-	-	-	-
<b>S275JR</b>	≤ 0,21	-	1,5	0,035	0,035	-	-	-	-	≤ 0,55	-
<b>-</b>											
<b>S355JR</b>	0,24	0,55	1,60	0,035	0,035	-	-	-	-	≤ 0,55	-
<b>15 127</b>	0,14	0,33	1,05	0,040	0,040	0,60	-	0,45	0,04	0,43	0,015 Al
<b>S355J2W</b>	≤ 0,19	≤ 0,55	≤ 1,60	0,035	0,030	0,78	-	≤ 0,65	-	0,40	-
<b>11 364</b>	≤ 0,20	-	≤ 0,35	0,040	0,040	≤ 0,30	-	≤ 0,30	-	0,30	-
<b>P235GH*</b>	≤ 0,16	≤ 0,35	0,90	0,025	0,015	0,30	0,08	0,30	-	≤ 0,30	-
<b>11 416</b>	≤ 0,20	≤ 0,35	≤ 0,50	0,040	0,040	≤ 0,30	-	≤ 0,30		Cr+Ni+Cu ≤ 0,7	
<b>P265GH*</b>	≤ 0,20	≤ 0,40	1,10	0,025	≤ 0,02	≤ 0,30	≤ 0,08	≤ 0,30	-	≤ 0,30	-
<b>13 030</b>	0,17	0,28	1,20	0,035	0,03	≤ 0,30	≤ 0,10	≤ 0,30	-	0,30	-
<b>P295GH*</b>	0,14	≤ 0,40	1,20	0,025	0,015	≤ 0,30	≤ 0,08	≤ 0,30	≤ 0,02	-	-
<b>15 020</b>	0,16	0,25	0,65	0,040	0,040	-	0,30	-	-	-	-
<b>16Mo3</b>	0,16	≤ 0,35	0,65	0,025	0,010	≤ 0,30	0,30	-	-	≤ 0,30	-
<b>15 121</b>	0,14	0,25	0,55	0,040	0,040	1,00	0,45	-	-	-	-
<b>13CrMo9-10</b>	0,13	≤ 0,35	0,70	0,025	0,010	0,93	0,50	-	-	≤ 0,30	-
<b>15 313</b>	0,12	0,28	0,60	0,035	0,035	2,25	1,00	-	-	-	-
<b>10CrMo9-10</b>	0,11	≤ 0,50	0,60	0,010	0,010	2,25	1,00	-	-	≤ 0,30	-
<b>17 240</b>	≤ 0,07	≤ 1,00	≤ 2,00	0,045	0,030	18,5	-	9,75	-	-	-
<b>X5CrNi18-10</b>	≤ 0,07	≤ 1,00	≤ 2,00	0,045	0,015	18,3	-	9,25	-	-	-
<b>17 248</b>	≤ 0,10	≤ 1,00	≤ 2,00	0,045	0,030	18,0	-	10,75	-	-	-
<b>X6CrNiTi18-10</b>	≤ 0,08	≤ 1,00	≤ 2,00	0,045	0,015	18,0	-	10,5	-	-	0,7 Ti
<b>11 321</b>	≤ 0,10	-	≤ 0,45	0,030	0,030	-	-	-	-	-	-
<b>DC 01</b>	≤ 0,12	-	≤ 0,60	0,045	0,045	-	-	-	-	-	-

Poznámka: obsah prvků je hmotnostní (% střední hodnota)

---

## Příloha č. 2

### TDP plochých výrobků [11] :

- **EN 10025-2** Plechy z nelegovaných konstrukčních ocelí (ČSN 42 0209).
- **EN 10025-3** Plechy z konstrukčních jemnozrnných ocelí normalizačně žíhané.
- **EN 10025-4** Plechy z konstrukčních jemnozrnných ocelí termomechanicky válcované.
- **EN 10025-5** Plechy z konstrukčních ocelí odolných proti působení atmosférických vlivů (ČSN 42 0209).
- **EN 10025-6** Plechy z vysokopevnostních jemnozrnných ocelí zušlechtěné.
- **EN 10028-2** Ploché výrobky pro tlakové nádoby a zařízení z nelegovaných a legovaných žárovevných ocelí (ČSN 42 0109).
- **EN 10028-3** Ploché výrobky pro tlakové nádoby a zařízení ze svařitelných jemnozrnných ocelí ve stavu normalizačně žíhaném (ČSN 42 0209, ČSN 42 0165).
- **EN 10028-4** Ploché výrobky pro tlakové nádoby a zařízení z niklových ocelí pro nízké teploty (ČSN 42 0209, ČSN 42 0165).
- **EN 10028-5** Ploché výrobky pro tlakové nádoby a zařízení z jemnozrnných svařitelných ocelí termomechanicky válcovaných.
- **EN 10028-6** Ploché výrobky pro tlakové nádoby a zařízení z jemnozrnných svařitelných ocelí ve stavu zušlechtěném.
- **EN 10083** Plechy z ocelí určených k zušlechtění (ČSN 42 0209).
- **EN 10084** Plechy z cementačních ocelí.
- **EN 10137-2** Plechy z konstrukčních ocelí s vyšší mezí kluzu v zušlechtěném nebo vytvrzeném stavu.
- **EN 10149-2** Plechy s vyšší mezí kluzu určené k tváření za studena.

### TDP pro trubky [11] :

- **EN 10216-1** Bezešvé trubky pro tlakové nádoby a zařízení; nelegované oceli s definovanými vlastnostmi při normální teplotě (ČSN 42 0250).
- **EN 10216-2** Bezešvé trubky pro tlakové nádoby a zařízení; trubky z nelegovaných a legovaných ocelí s definovanými vlastnostmi za vyšších teplot (ČSN 42 0251).

- 
- **EN 10216- 3** Bezešvé trubky pro tlakové nádoby a zařízení; trubky z nelegovaných a legovaných jemnozrnných ocelí (ČSN 42 0165).
  - **EN 10216-4** Bezešvé trubky pro tlakové nádoby a zařízení; trubky z nelegovaných a legovaných ocelí s definovanými vlastnostmi při nízkých teplotách (ČSN 42 0165, ČSN 42 0251).
  - **EN 10216-5** Bezešvé trubky pro tlakové nádoby a zařízení; trubky z korozivzdorných ocelí (ČSN 42 0252).
  - **EN 10217-1** Svařované trubky pro tlakové nádoby a zařízení; nelegované oceli s definovanými vlastnostmi při normální teplotě (ČSN 42 0152).
  - **EN 10217-2** Bezešvé trubky pro tlakové nádoby a zařízení; trubky elektricky svařované z nelegovaných a legovaných ocelí s definovanými vlastnostmi za vyšších teplot .
  - **EN 10217-3** Svařované trubky pro tlakové nádoby a zařízení; trubky z nelegovaných a legovaných jemnozrnných ocelí.
  - **EN 10217-4** Svařované trubky pro tlakové nádoby a zařízení; elektricky svařované trubky z nelegovaných a legovaných ocelí s definovanými vlastnostmi při nízkých teplotách.
  - **EN 10217-5** Svařované trubky pro tlakové nádoby a zařízení; pod tavidlem svařované trubky z nelegovaných a legovaných ocelí s definovanými vlastnostmi za vyšších teplot.
  - **EN 10217-7** Svařované trubky pro tlakové nádoby a zařízení; trubky z korozivzdorných ocelí.
  - **EN 10305-2** Přesné trubky; trubky svařované, za studena tažené (ČSN 42 0142, ČSN 42 0260).
  - **EN 10305-3** Přesné trubky; trubky svařované, kalibrované (ČSN 42 0142).
  - **EN 10305-5** Přesné svařované trubky, pravoúhlého a čtvercového průřezu - kalibrované, pro všeobecné použití (ČSN 42 0142).

#### **TDP pro duté profily [11] :**

- **EN 10210-1** Za tepla tvářené a svařované duté profily pro ocelové konstrukce z nelegovaných ocelí a ocelí jemnozrnných (ČSN 42 0250).
- **EN 10219-1** Za studena tvářené a svařované duté profily pro ocelové konstrukce z nelegovaných ocelí a ocelí jemnozrnných.

### Příloha č. 3

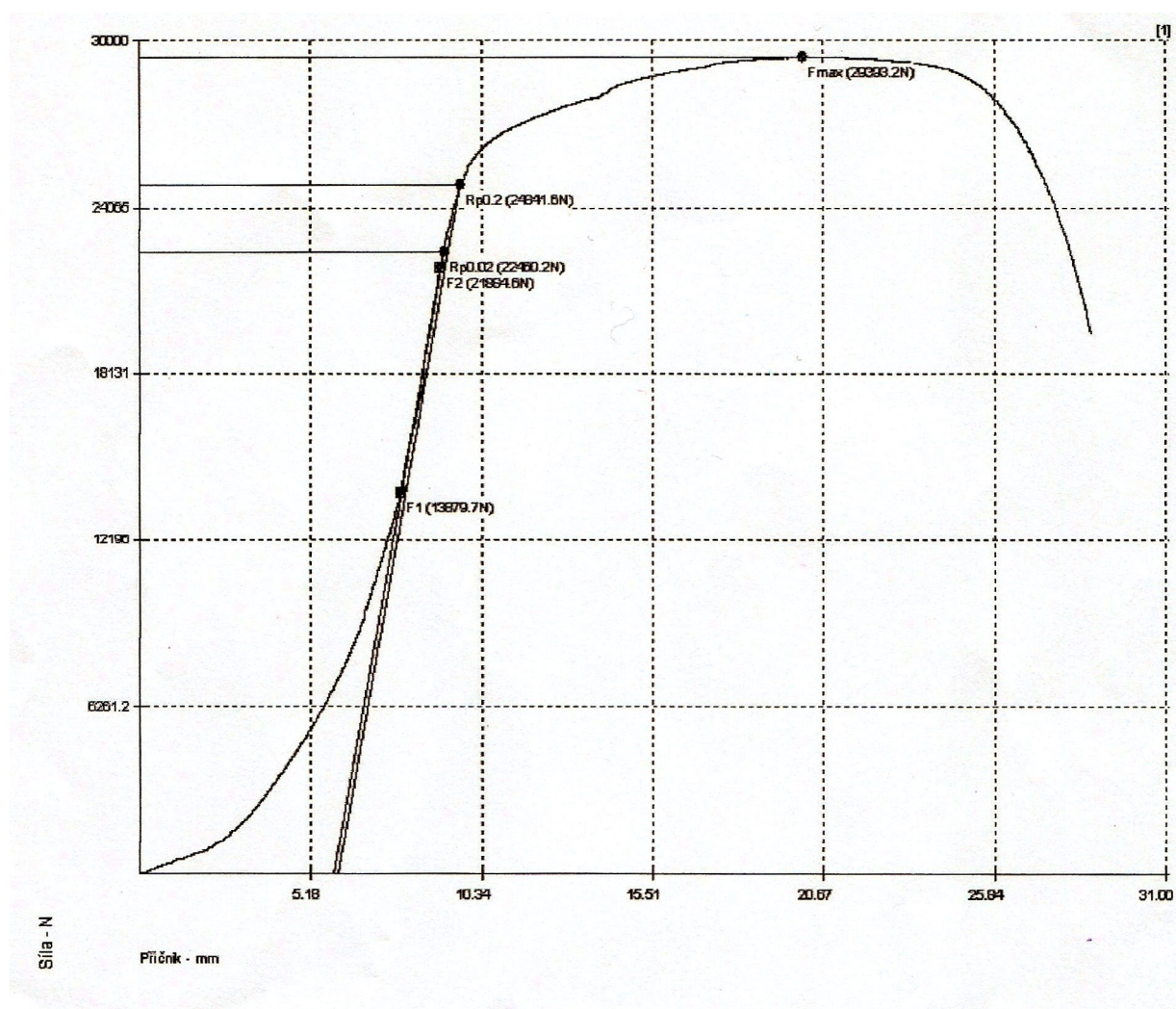


Diagram tahové zkoušky - vzorek jakosti 16Mo3+N

#### Hodnoty vzorku 16Mo3+N

Označení	16Mo3+N	EN
Rozměry ( $b_0 \times a_0$ )	9,85 × 6,01	mm
Plocha $s_0$	59,2	mm <sup>-2</sup>
Délka $L_0$ (před přetržením)	45,0	mm
Délka $L_u$ (po přetržení)	58,5	mm
Teplota zkoušek	22	°C
Zatížení na mezi kluzu $F_e$	24 842	N
Zatížení na mezi pevnosti $F_m$	29 393	N
Smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$	419,6	MPa
Pevnost v tahu $R_m$	496,5	MPa
Tažnost $A_5$	30,0	%

#### Příloha č. 4

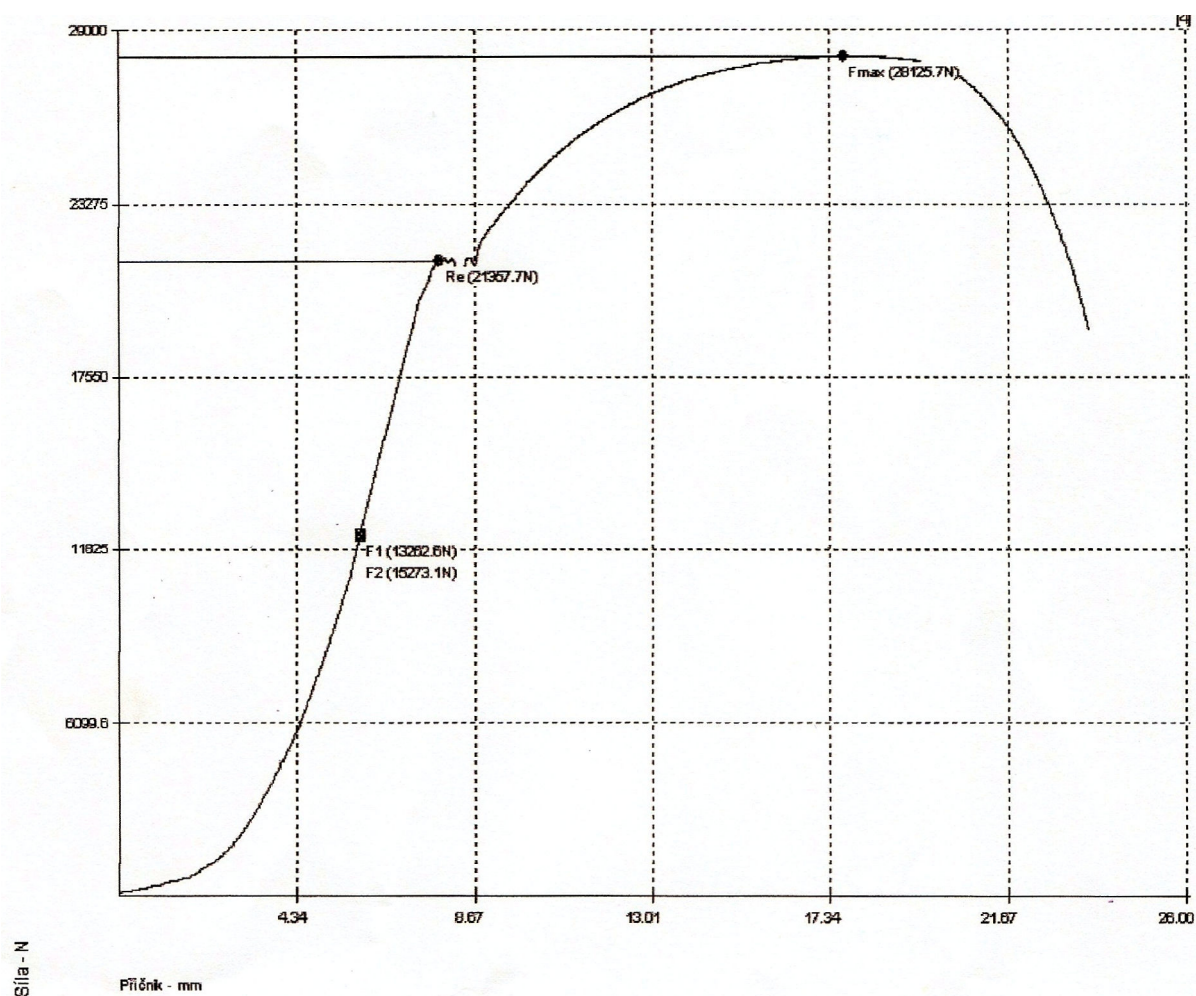


Diagram tahové zkoušky - vzorek jakosti 15Mo3-N

#### Hodnoty vzorku 15Mo3-N

Označení	15Mo3-N	DIN
Rozměry ( $b_0 \times a_0$ )	8,04 × 6,57	mm
Plocha $s_0$	52,8	mm <sup>-2</sup>
Délka $L_0$ (před přetržením)	40,0	mm
Délka $L_u$ (po přetržení)	51,5	mm
Teplota zkoušek	22	°C
Zatížení na mezi kluzu $R_e$	21 358	N
Zatížení na mezi pevnosti $F_m$	28 126	N
Mez kluzu $R_{eH}$	404,3	MPa
Pevnost v tahu $R_m$	532,5	MPa
Tažnost $A_5$	28,8	%



## Příloha č. 5

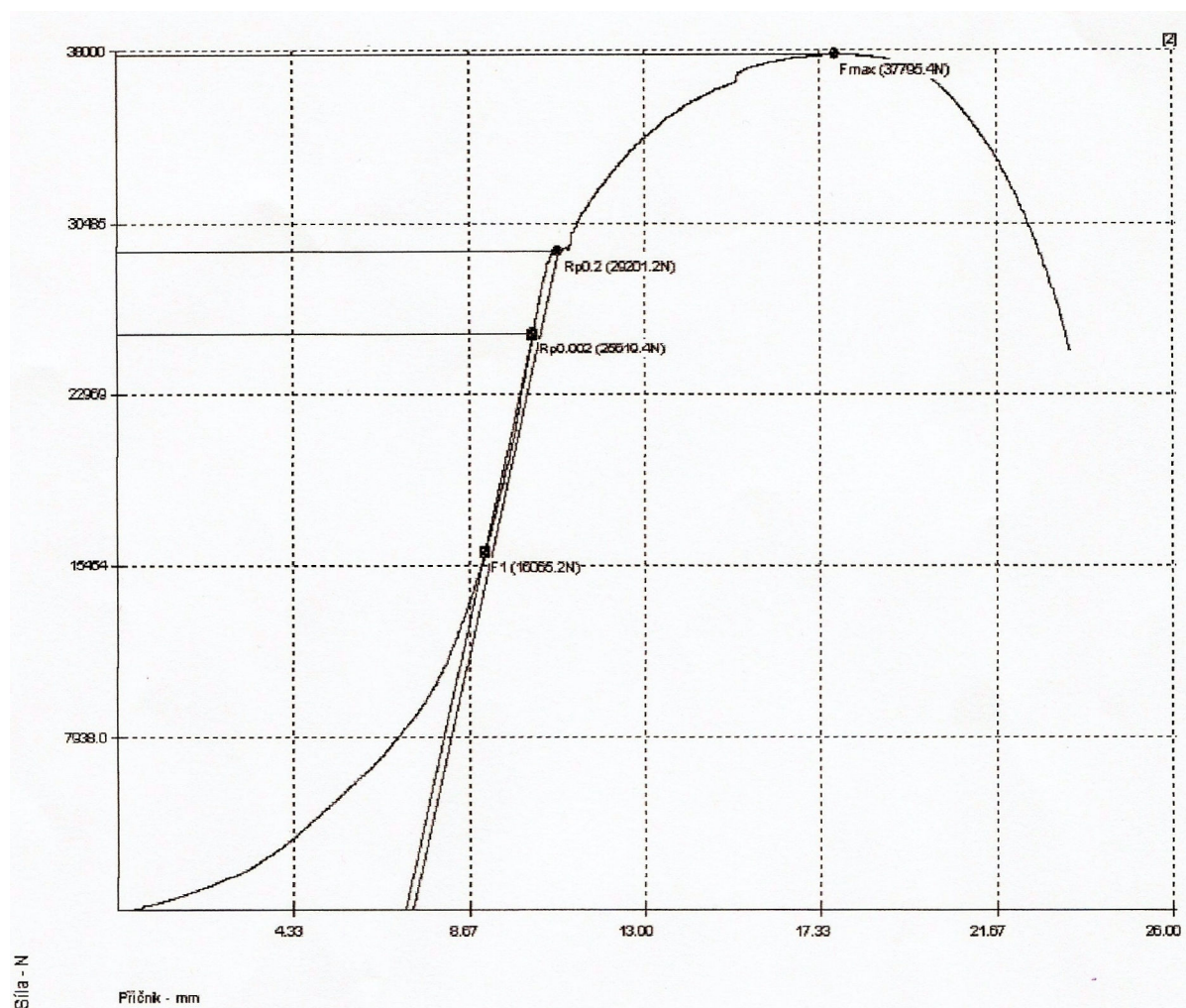


Diagram tahové zkoušky - vzorek jakosti 13CrMo4-5+NT

### Hodnoty vzorku 13CrMo4-5+NT

Označení	13CrMo4-5+NT	EN
Rozměry ( $b_0 \times a_0$ )	5,90 × 10,25	mm
Plocha $s_0$	60,5	mm <sup>-2</sup>
Délka $L_0$ (před přetržením)	45,0	mm
Délka $L_u$ (po přetržení)	56,2	mm
Teplota zkoušek	22	°C
Zatížení na mezi kluzu $F_e$	29 201	N
Zatížení na mezi pevnosti $F_m$	37 795	N
Smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$	482,9	MPa
Pevnost v tahu $R_m$	618,4	MPa
Tažnost $A_5$	24,9	%

## Příloha č. 6

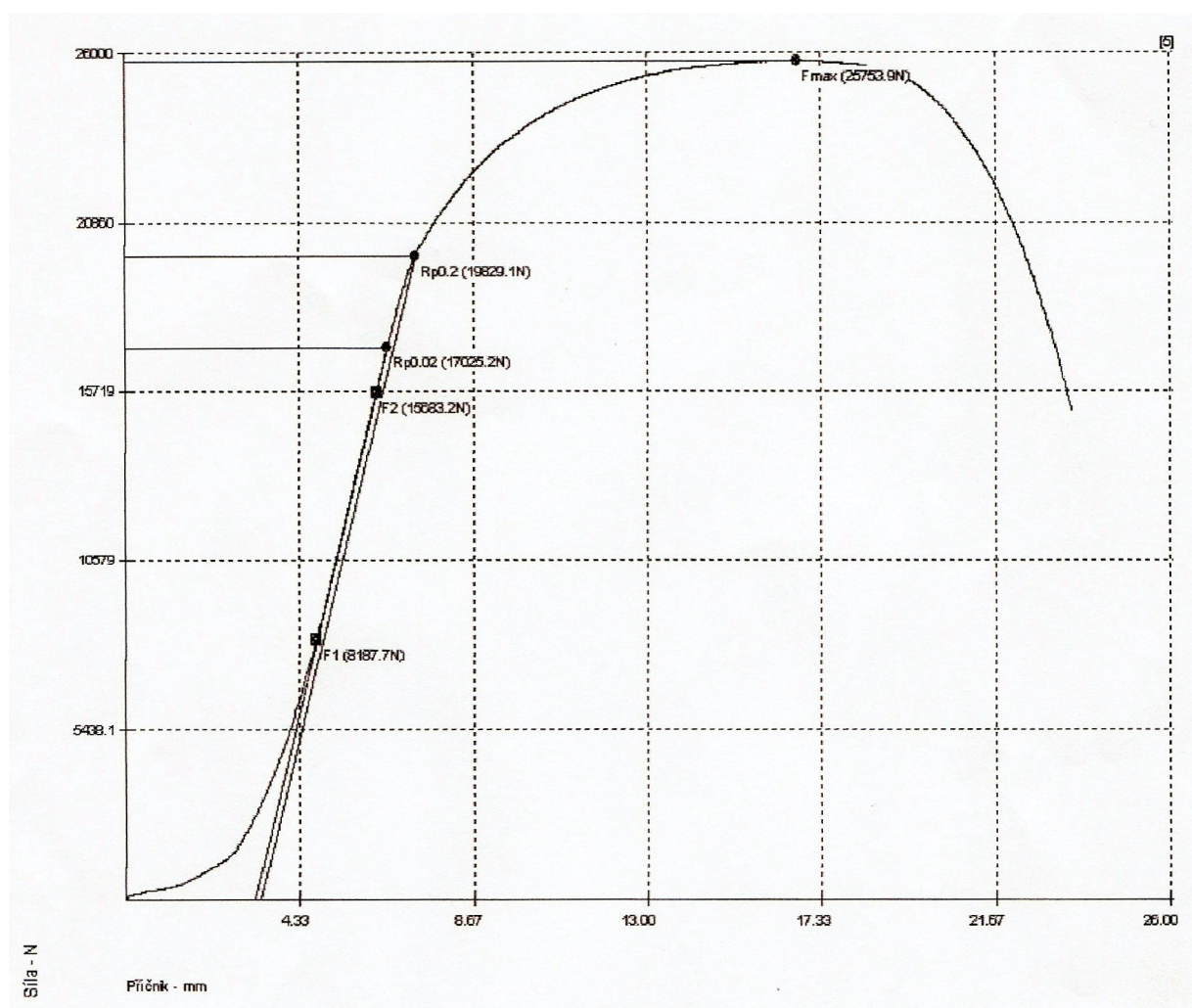


Diagram tahové zkoušky - vzorek jakosti 13CrMo44-N

### Hodnoty vzorku 13CrMo44-N

Označení	13CrMo44-N	DIN
Rozměry ( $b_0 \times a_0$ )	7,88 × 7,05	mm
Plocha $s_0$	55,6	mm <sup>-2</sup>
Délka $L_0$ (před přetržením)	40,0	mm
Délka $L_u$ (po přetržení)	52,6	mm
Teplota zkoušek	22	°C
Zatížení na mezi kluzu $F_e$	19 829	N
Zatížení na mezi pevnosti $F_m$	25 754	N
Smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$	356,9	MPa
Pevnost v tahu $R_m$	463,6	MPa
Tažnost $A_5$	31,5	%



## Příloha č. 7

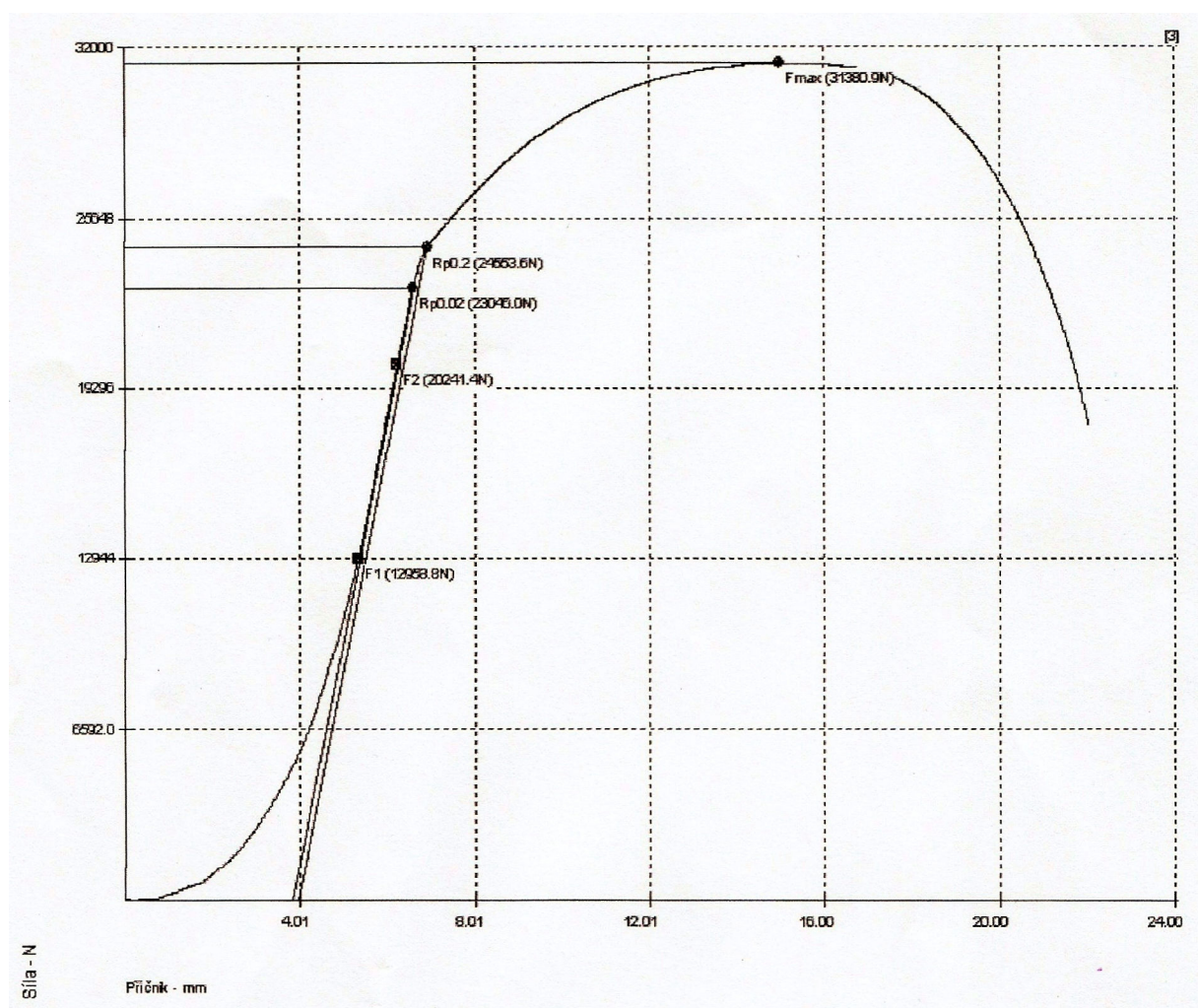


Diagram tahové zkoušky - vzorek jakosti 10CrMo9-10+NT

### Hodnoty vzorku 10CrMo9-10+NT

Označení	10CrMo9-10+NT	EN
Rozměry ( $b_0 \times a_0$ )	9,90 × 5,68	mm
Plocha $s_0$	56,2	mm <sup>-2</sup>
Délka $L_0$ (před přetržením)	45,0	mm
Délka $L_u$ (po přetržení)	57,6	mm
Teplota zkoušek	22	°C
Zatížení na mezi kluzu $F_e$	24 554	N
Zatížení na mezi pevnosti $F_m$	31 381	N
Smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$	436,7	MPa
Pevnost v tahu $R_m$	558,1	MPa
Tažnost $A_5$	28,0	%

## Příloha č. 8

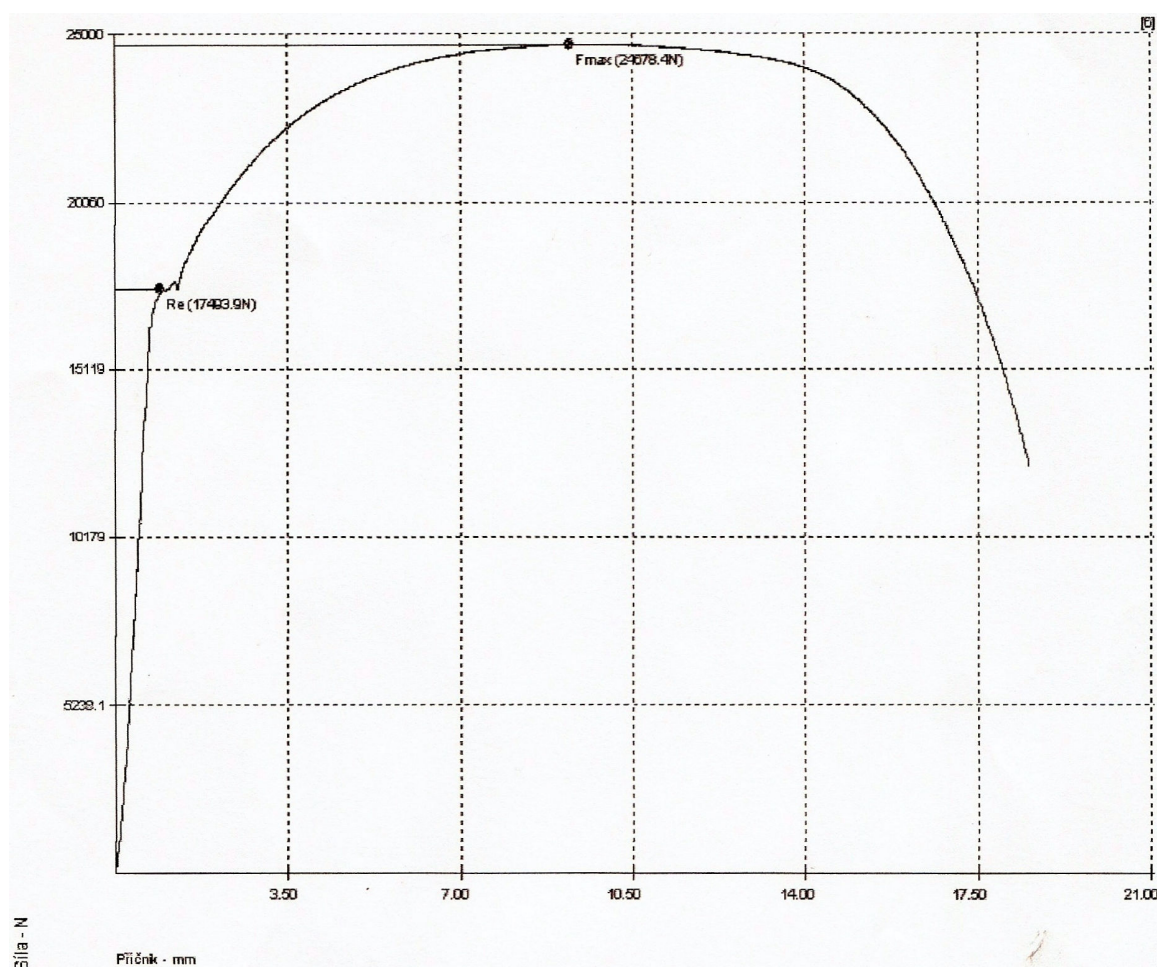


Diagram tahové zkoušky - vzorek jakosti 10CrMo910-N

Označení	10CrMo910-N	EN
Rozměr $d_0$	8,0	mm
Rozměr $d_u$	3,6	mm
Plocha $s_0$	50,3	mm <sup>-2</sup>
Plocha $s_u$	10,2	mm <sup>-2</sup>
Délka $L_0$ (před přetržením)	40,0	mm
Délka $L_u$ (po přetržení)	54,2	mm
Teplota zkoušek	22	°C
Zatížení na mezi kluzu $F_e$	17 494	N
Zatížení na mezi pevnosti $F_m$	24 678	N
Mez kluzu $R_{eH}$	348,0	MPa
Pevnost v tahu $R_m$	491,0	MPa
Zúžení	79,8	%
Tažnost $A_5$	35,5	%

Hodnoty vzorku 10CrMo910-N

# Příloha č. 9

## Souhrn hodnot – protokol o zkoušce

Protokol o zkoušce mechanické zkoušení										Prüfprotokoll mechanische Prüfungen										Test Report mechanical testing																																																															
Čís. protokolu - Protokoll-Nr. - Report No.:										Čís. strany: Seite Nr.: Page No.:										Typ zkuš. vzorku Probenart Type of tested sample:										opracovaná machined bar bearbeitet																																																					
Označení Bezeichnung Specification		Tavba čís. Schmelze Nr. Heat No.		Rozměry zkušební vzorku Probenabmessung Dim. of specimen										Zatížení na mezi křivu Belastung an der Streckgrenze Load at yielding										Zatížení na mezi pevnosti Höchstzugkraft Load at strength										Mez kluzu Streckgrenze Yield strength										Pevnost v tahu Zugfestigkeit Tensile strength										Zúžení Einschnürung Reduction										Tažnost Dehnung Elongation										Poznámka Bemerkung Note									
				Před přetržením vor dem Bruch Before pulling - apart					Po přetržení nach dem Bruch After pulling- apart					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																	
				d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																														
				d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																														
				d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																														
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch After pulling-apart					Poloha vzorku Probenlage Position					Teplota zkoušek Prüftemperatur Test Temperature																																																		
d <sub>0</sub>		b <sub>0</sub> x a <sub>0</sub>			S <sub>0</sub>			S <sub>u</sub> mm <sup>-2</sup>					L <sub>0</sub> mm					L <sub>u</sub> mm					Po přetržení Nach dem Bruch																																																												



---

Příloha č. 10



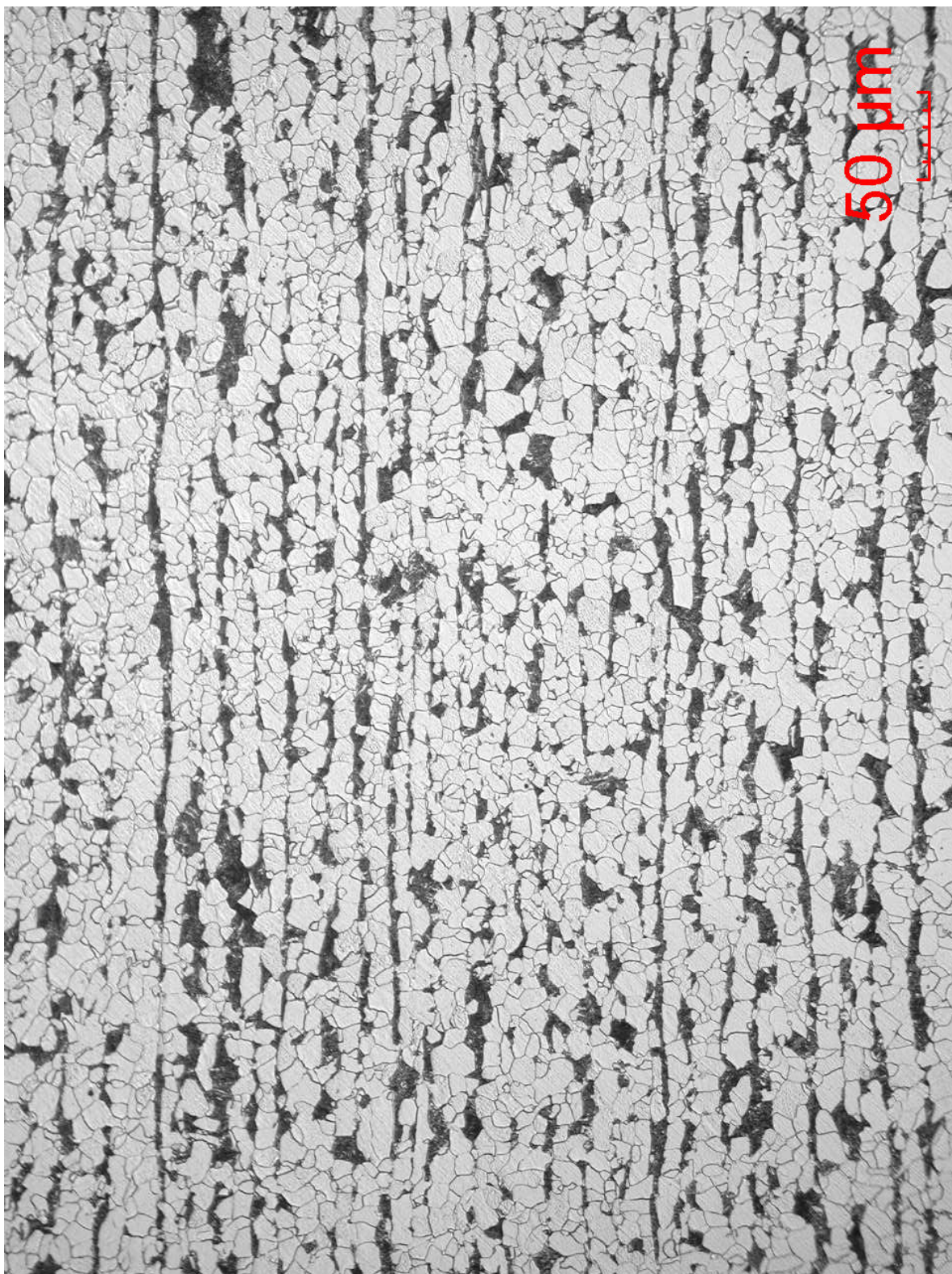
*metalografický snímek - jakost 16Mo3+N ; 200 × zvětšeno*

- Materiál 16Mo3+N ; struktura feriticko – bainitická, velikost zrna G = 7



---

Příloha č. 11



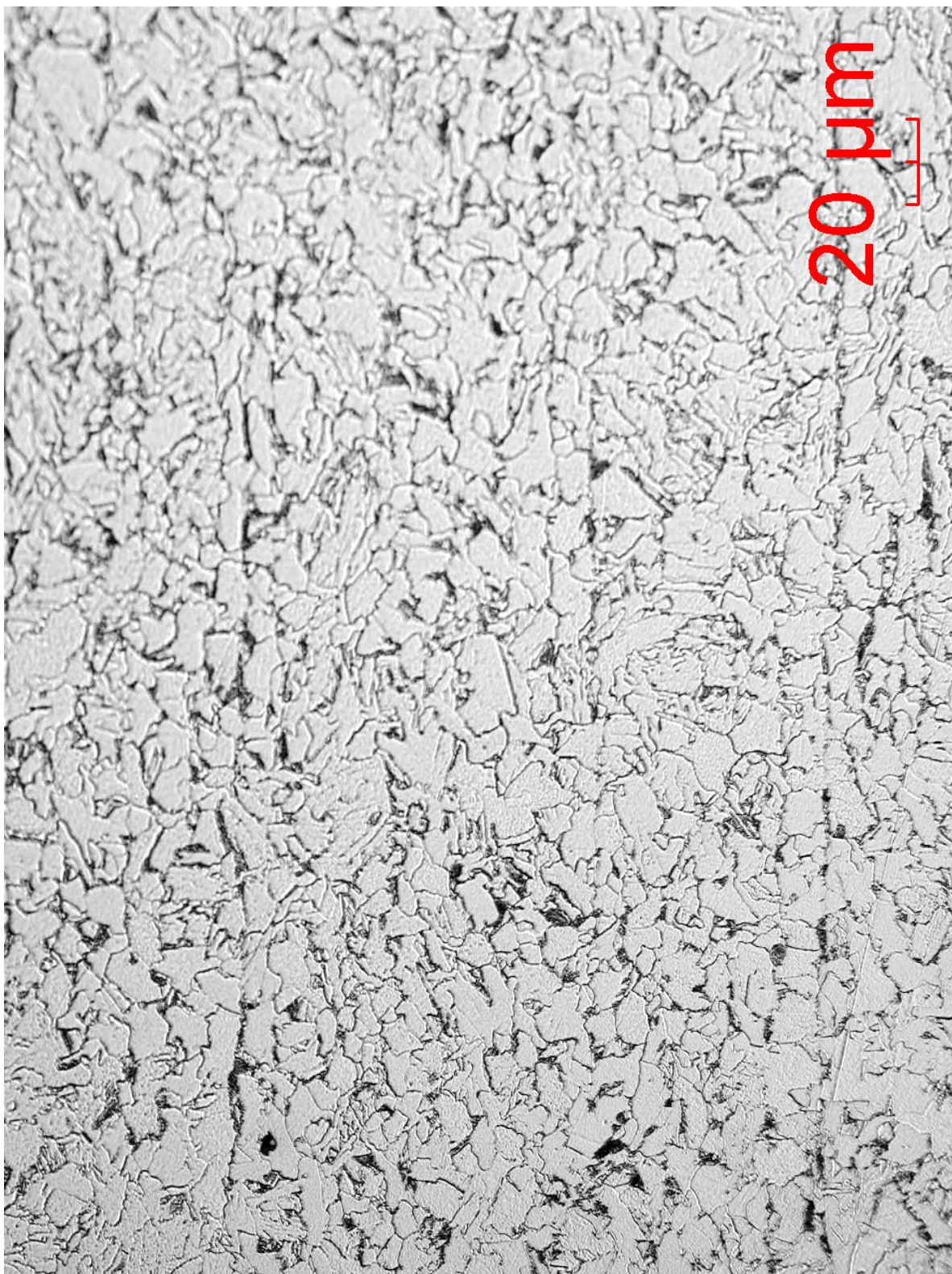
*metalografický snímek - jakost 15Mo3-N ; 200 × zvětšeno*

- Materiál 15Mo3-N; řádkovitá struktura feriticko – bainitická, velikost zrna G = 8



---

Příloha č. 12



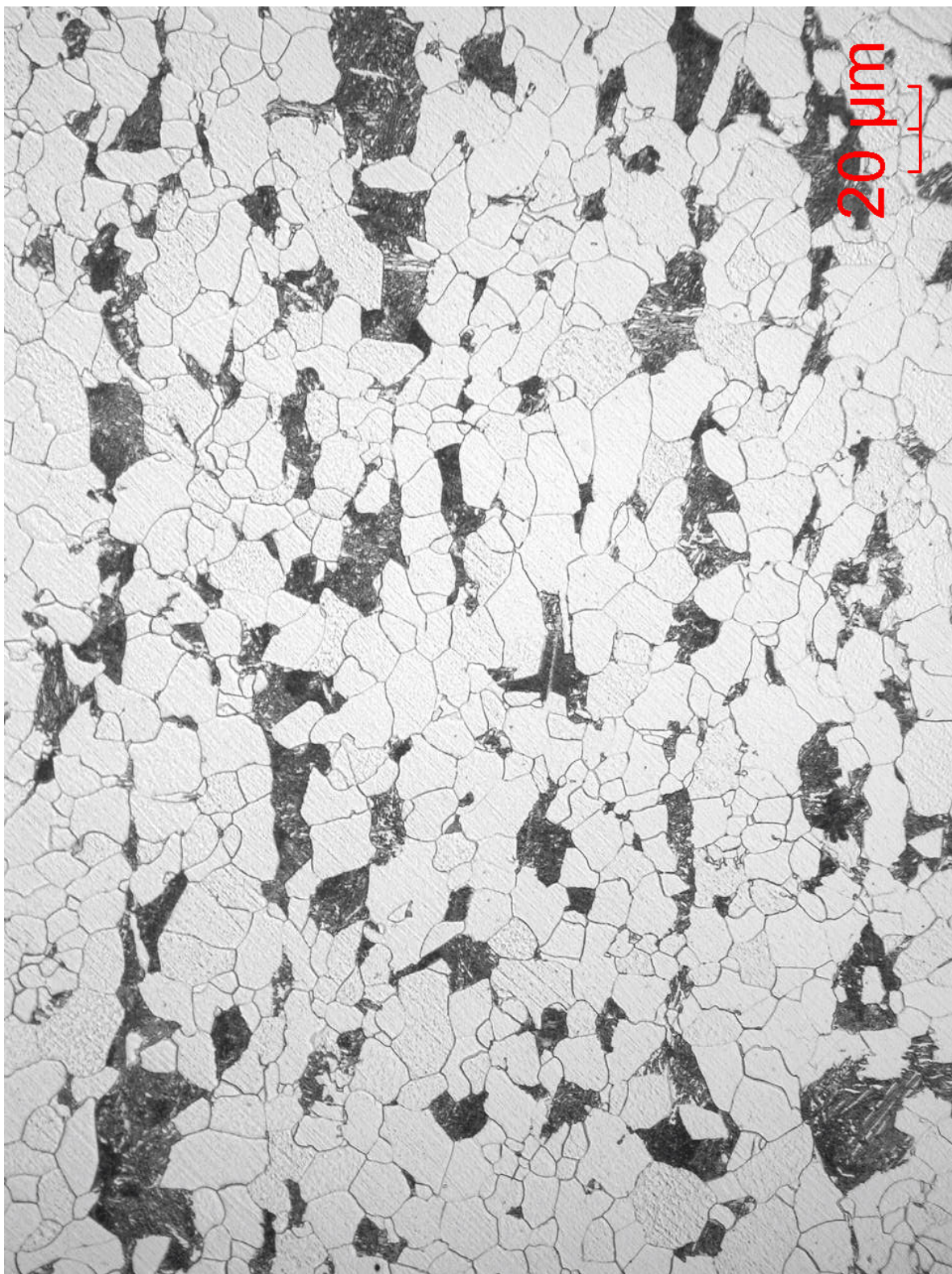
*metalografický snímek - jakost 16Mo3+N; 500 × zvětšeno*

- Materiál 16Mo3+N; struktura feriticko – bainitická, velikost zrna G = 7



---

Příloha č. 13



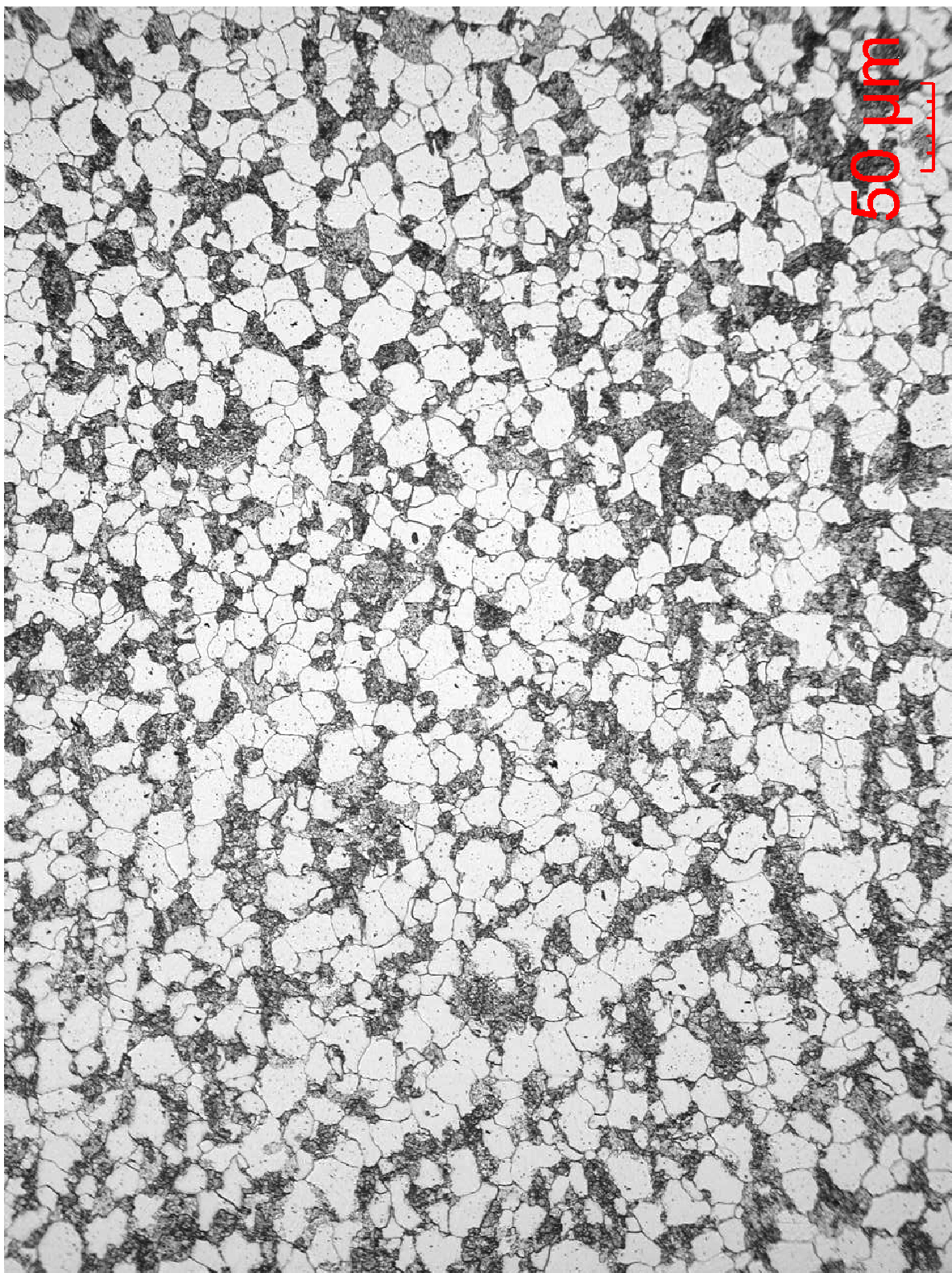
*metalografický snímek - jakost 15Mo3-N; 500 × zvětšeno*

- Materiál 15Mo3-N; řádkovitá struktura feriticko – bainitická, velikost zrna G = 8



---

Příloha č. 14



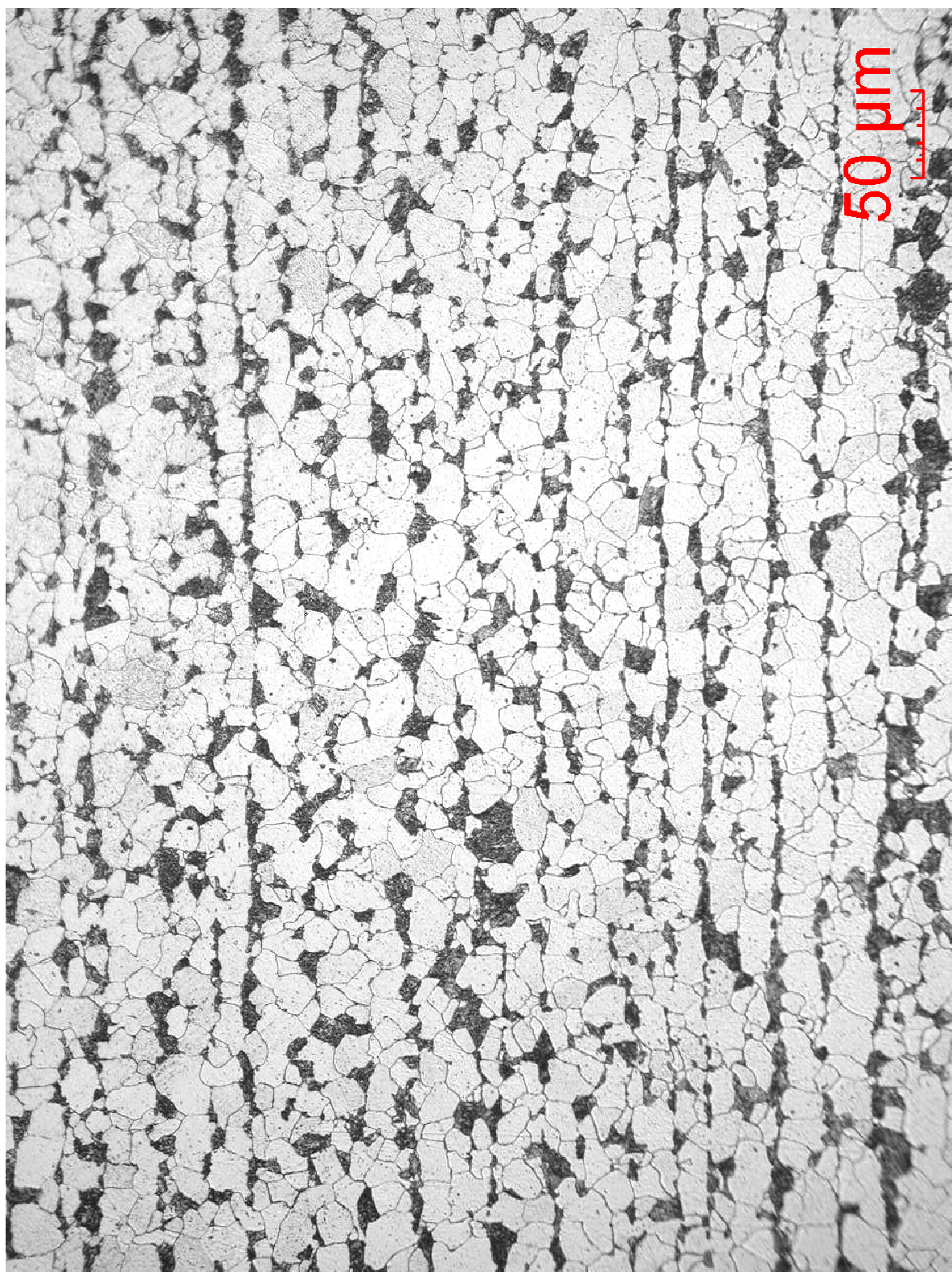
*metalografický snímek - jakost 13CrMo4-5+NT; 200 × zvětšeno*

- Materiál 13CrMo4-5+NT; struktura feriticko – bainitická, velikost zrna G = 7



---

Příloha č. 15



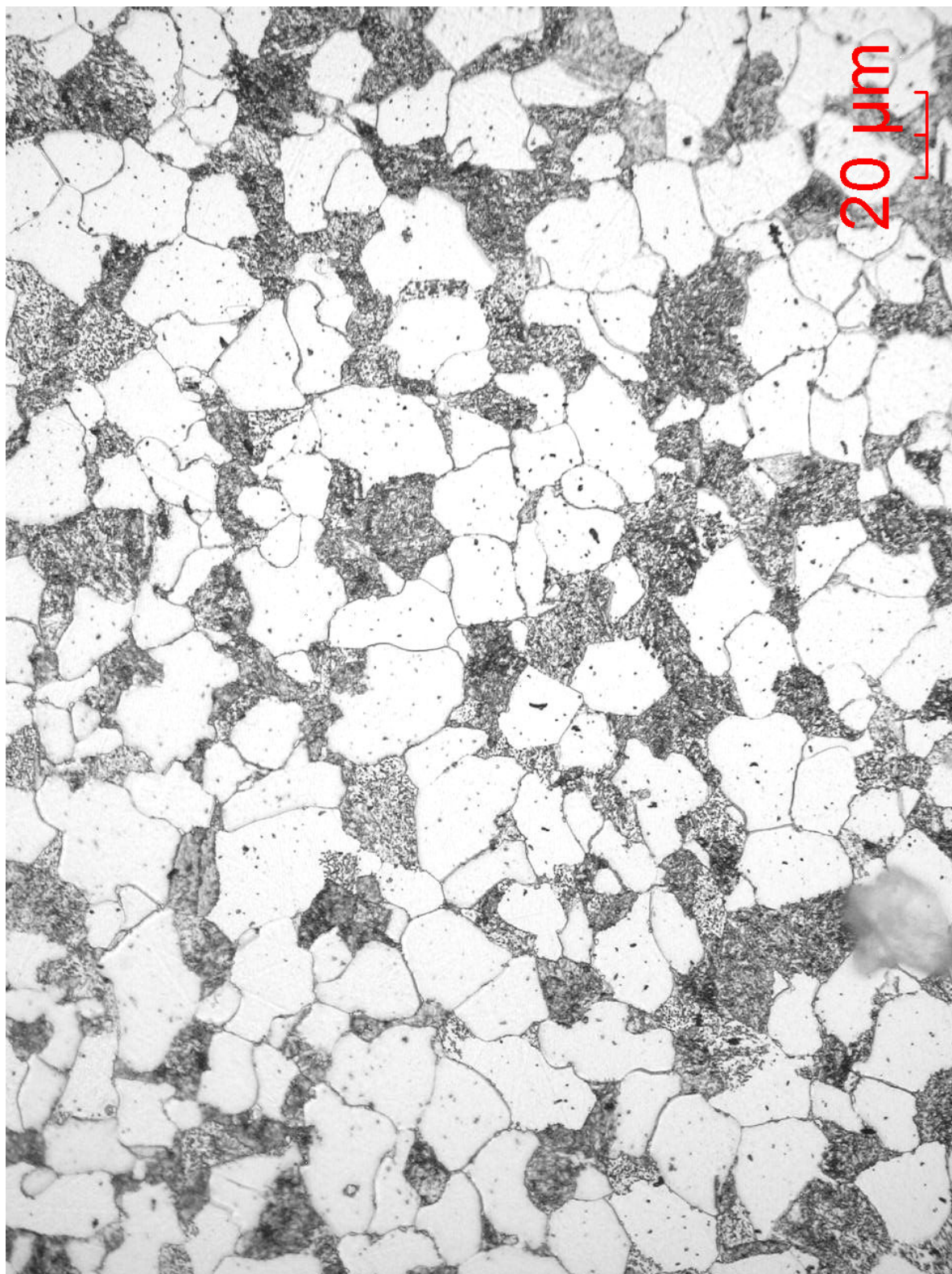
*metalografický snímek - jakost 13CrMo44-N; 200 × zvětšeno*

- Materiál 13CrMo44-N; řádkovitá struktura feriticko – bainitická, velikost zrna  $G = 7 - 8$



---

Příloha č. 16



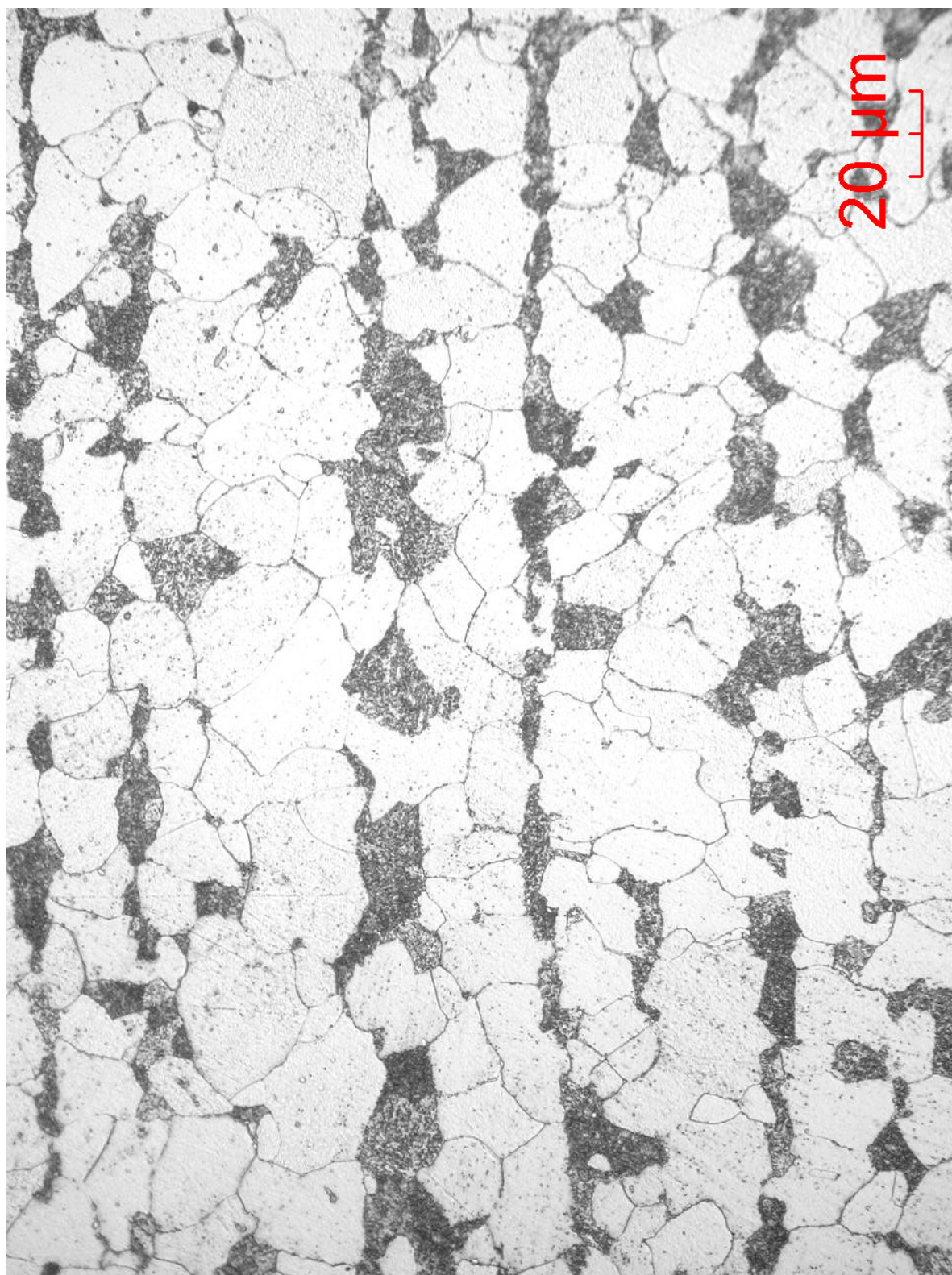
*metalografický snímek - jakost 13CrMo4-5+NT; 500 × zvětšeno*

- Materiál 13CrMo4-5+NT; struktura feriticko – bainitická, velikost zrna G = 7



---

Příloha č. 17



*metalografický snímek - jakost 13CrMo44-N; 500 × zvětšeno*

- Materiál 13CrMo44-N; řádkovitá struktura feriticko – bainitická,  
velikost zrna  $G = 7 - 8$



---

Příloha č. 18



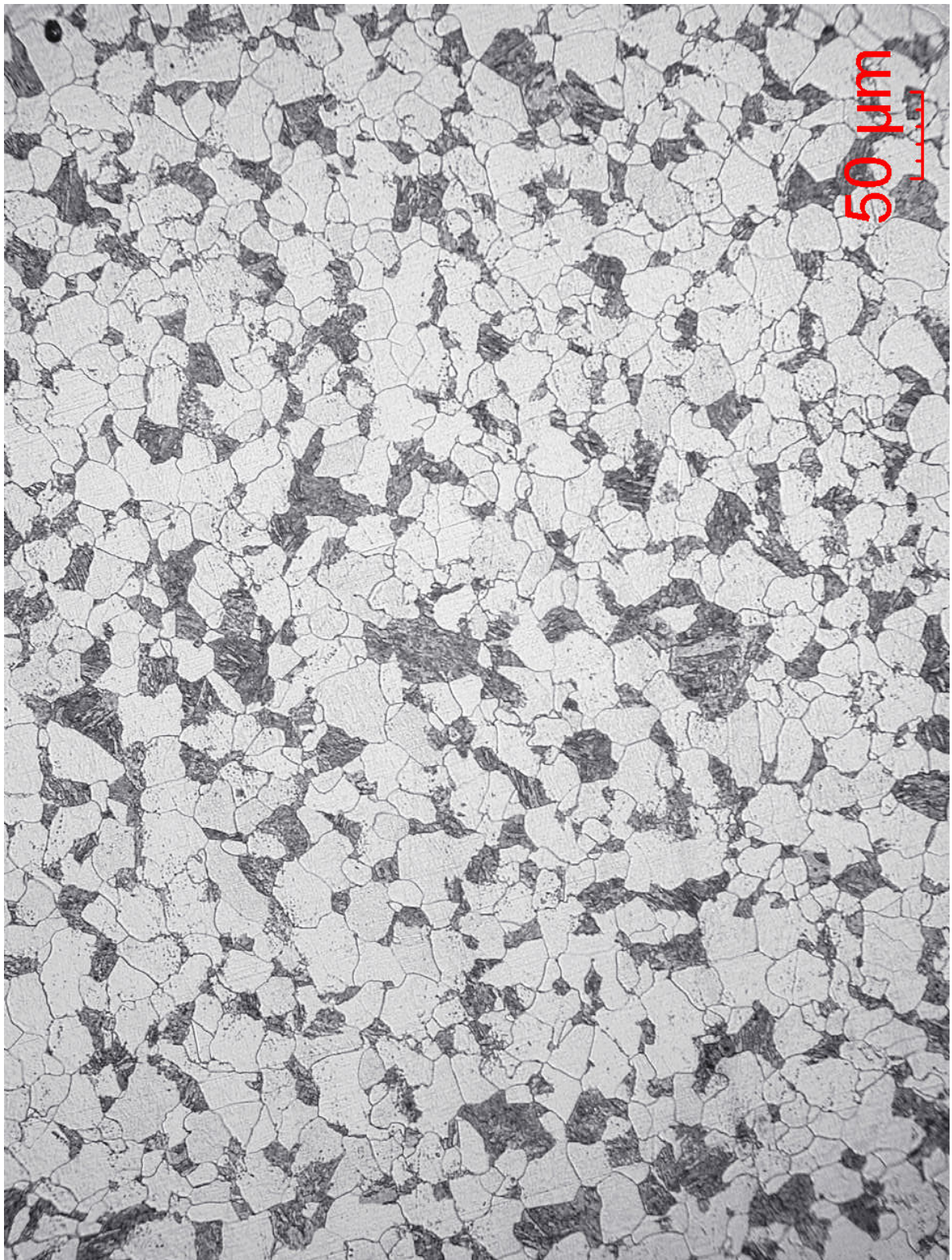
*metalografický snímek - jakost 10CrMo9-10+NT; 200 × zvětšeno*

- Materiál 10CrMo9-10+NT; struktura martenziticko – bainitická, velikost zrna  
G = 3



---

Příloha č. 19



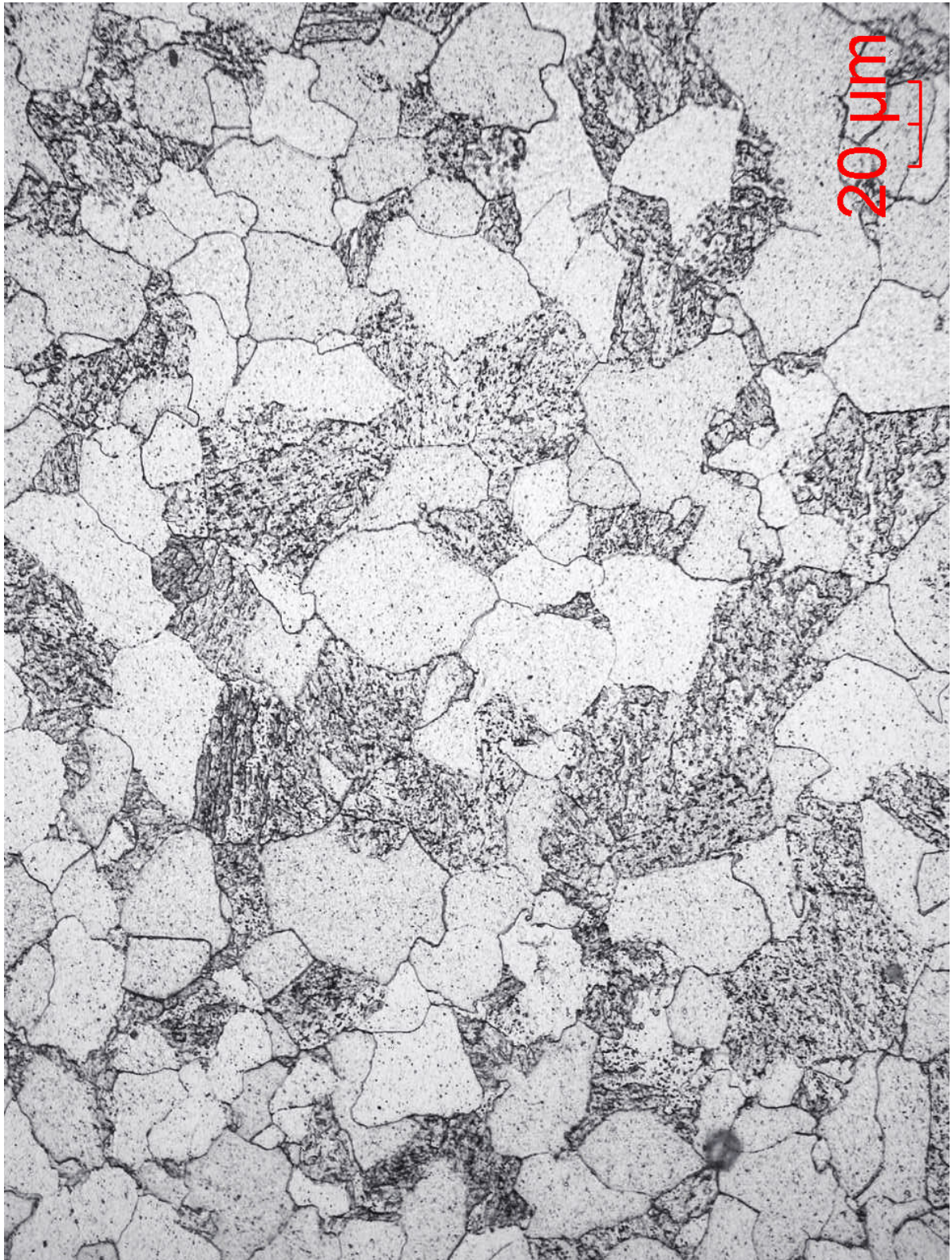
*metalografický snímek - jakost 10CrMo910-N; 200 × zvětšeno*

- Materiál 10CrMo910-N; struktura feriticko – bainitická, velikost zrna G = 7 - 8, patrná řádkovitost



---

Příloha č. 20



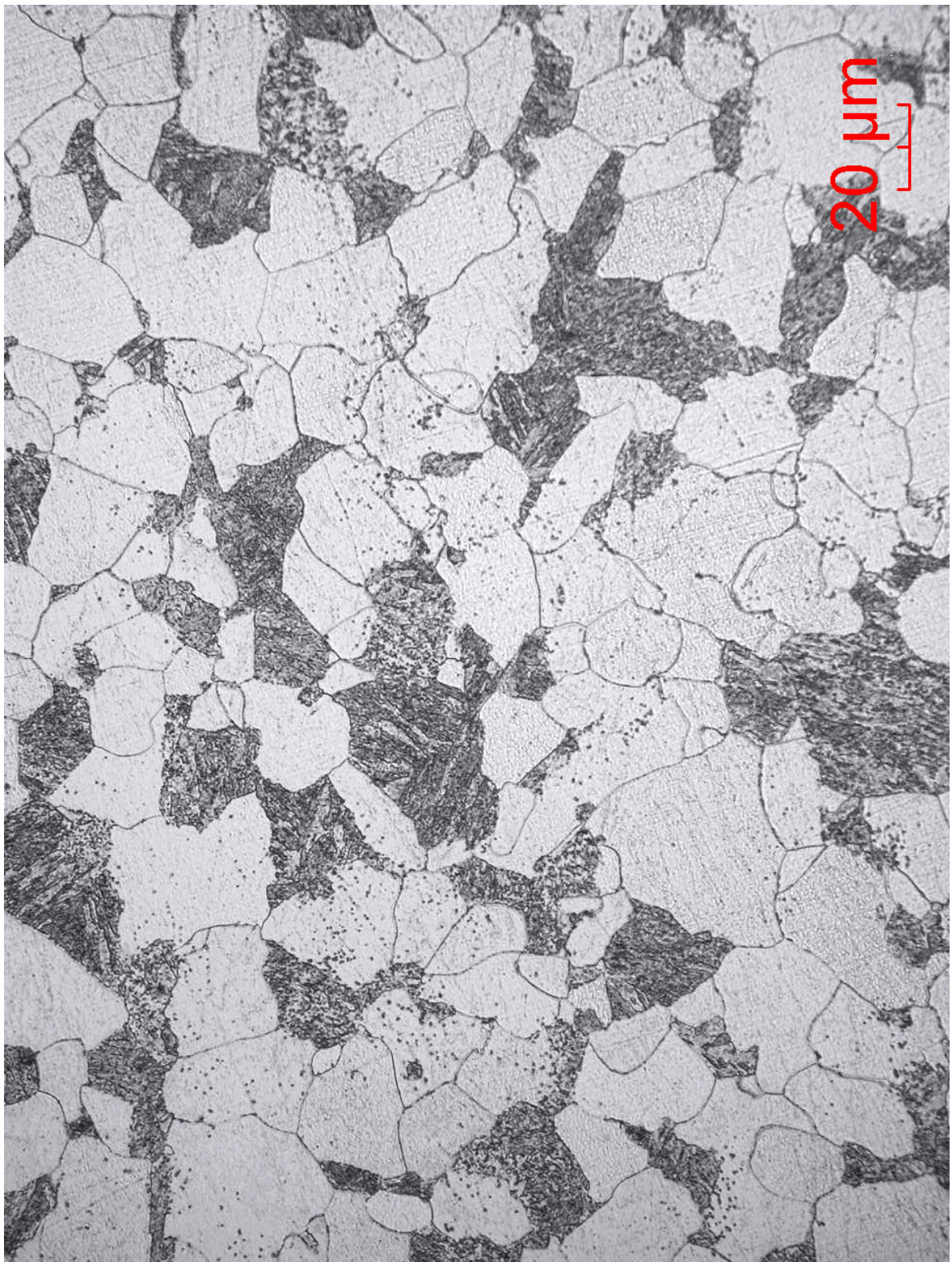
*metalografický snímek - jakost 10CrMo9-10+NT; 500 × zvětšeno*

- Materiál 10CrMo9-10+NT; struktura martenziticko – bainitická, velikost zrna  
G = 3



---

Příloha č. 21



*metalografický snímek - jakost 10CrMo910-N; 500 × zvětšeno*

- Materiál 10CrMo910-N; struktura feriticko – bainitická, velikost zrna  $G = 7 - 8$ , patrná řádkovitost